

**ALTERACIONES DE LA CINEMÁTICA DE LA MARCHA EN INDIVIDUOS CON
ARTROSIS DE RODILLA: REVISIÓN DOCUMENTAL**

INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE FISIOTERAPEUTA

MARÍA FERNANDA NUÑEZ MACHUCA

AUTORA

FABIOLA GONZÁLEZ ORTIZ

DIRECTORA

ESCUELA COLOMBIANA DE REHABILITACIÓN

FACULTAD DE FISIOTERAPIA

BOGOTÁ, D.C, ENERO 2021

Tabla de Contenido

Índice de Tablas	3
Planteamiento del Problema	6
1. Objetivo General	11
2. Objetivos Específicos.....	11
3. Pregunta de Investigación	12
4. Subpreguntas de Investigación.....	12
Marco de Referencia.....	17
Método.....	26
5. Criterios de Inclusión.....	26
6. Criterios de Exclusión.....	27
Resultados.....	30
Discusión	63
Conclusión	72
Agradecimientos.....	75
Referencias.....	76
1. ANEXOS	87

Índice de Tablas

Tabla 1.....	20
Tabla 2.....	22
Tabla 3.....	23
Tabla 4.....	24
Tabla 5.....	25
Tabla 6.....	30
Tabla 7.....	31
Tabla 8.....	31
Tabla 9.....	32
Tabla 10.....	33
Tabla 11.....	35
Tabla 12.....	41
Tabla 13.....	42
Tabla 14.....	54
Tabla 15.....	55
Tabla 16.....	57
Tabla 17.....	58

Tabla 18	60
Tabla 19	61
Figura 1	28

Resumen

Objetivo. Describir las alteraciones de la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional. **Método.** Investigación desarrollada a modo de revisión documental mediante la búsqueda de artículos científicos en bases de datos como PubMed, Scopus, Web Science, Science Direct, EbscoHost, Scielo, PEDro y Google Scholar. Los artículos elegidos para esta investigación fueron estudios publicados en los últimos 10 años, con idioma inglés, español y portugués, cuya población de estudio se basó en individuos con edades entre los 50 y 80 años con diagnóstico de artrosis de rodilla, sin ningún otro tipo de patología musculoesquelética en miembros inferiores, los cuales debían usar en su metodología de estudio un sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional para la medición de la cinemática de la marcha en terreno plano. Fueron incluidas todo tipo de investigación a excepción de revisión documental, tesis de grado, revisión de literatura y revisión narrativa. **Resultados.** En las características de la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla, se evidenció una disminución significativa en la velocidad de marcha, una longitud de zancada más corta junto con un menor ángulo de flexión de rodilla y un aumento en el ángulo de rodilla en varo al ejecutar el patrón de marcha. **Discusión.** Los cambios cinemáticos no son permanentes en el tiempo, pues es evidente que estos presentan variaciones y aumentan a medida que progresa la gravedad de la artrosis de rodilla.

Palabras claves: Motion Capture System, Gait Analysis, Motion Analysis, Osteoarthritis, Knee, 3D animation.

Planteamiento del Problema

La Artrosis de Rodilla también denominada Osteoartrosis, de acuerdo con lo mencionado por Casilda et al (2018) es una enfermedad articular degenerativa crónica que afecta principalmente el cartílago articular de forma progresiva, caracterizada principalmente por producir la alteración y proliferación del hueso subcondral junto con la aparición de una sinovitis secundaria. De igual forma, según Jiménez et al (2013) la artrosis de rodilla se caracteriza por generar dolor e inflamación a nivel de la cápsula articular, conllevando a una reducción en la amplitud de movimiento y una disminución de la capacidad funcional.

Subervier (2017) afirma que la Osteoartrosis de rodilla es una patología que se caracteriza por generar una pérdida progresiva e irreversible del cartílago articular, que junto con la formación de osteofitos en los márgenes de la articulación compromete principalmente los ligamentos y las unidades musculares ubicadas a su alrededor, esto a causa de la formación de nuevas células óseas en el área trabecular del hueso subcondral, junto con la presencia de fibrosis capsular e inflamación de la membrana sinovial. Especialmente a nivel Metabólico la Osteoartrosis aparece como respuesta al desequilibrio generado entre la síntesis y la degradación del cartílago articular y el hueso subcondral (Subervier, 2017).

Así mismo, Ko, Ling, Schreiber, Nesbitt y Ferrucci (2011) afirman que la artrosis de rodilla es la enfermedad articular más común que causa limitaciones de movilidad, esta enfermedad al asociarse con la edad afecta a millones de personas a nivel mundial y aproximadamente al 40% de la población de persona mayor de 60 años, siendo por lo tanto una de las principales causas de incapacidad durante la edad avanzada (Casilda et al. 2018).

La Artrosis de Rodilla, según lo dicho por López, Arcila y Estrella (2014) aumenta su prevalencia después de los 30 años de edad, llegando hasta el 80% hacia los 65 años e incluso a

95% a edades superiores, su sintomatología principal es la presencia de dolor, junto con la sensación de rigidez y entumecimiento, deformidad y aumento del volumen articular, presencia de crepitaciones y debilidad articular, esto generado debido al proceso degenerativo evidenciado, de igual forma, Ko et al. (2011) afirman que la Osteoartrosis de Rodilla se asocia con una fuerza muscular reducida, menor distancia recorrida por unidad de tiempo durante la ejecución de la marcha y una disminución en la movilidad de la rodilla.

Debido a la sintomatología anteriormente mencionada, esta enfermedad representa un alto impacto a nivel psicológico para quienes la padecen, conllevando a una notable disminución de la capacidad funcional y una alteración propia de su calidad de vida e independencia (Casilda et al. 2018). De igual forma, Hernández et al(2012) afirman que la Artrosis de Rodilla se relaciona también directamente con la dependencia física, favoreciendo la aparición de alteraciones del sueño y cuadros depresivos, así como, aumentando la probabilidad de padecer sedentarismo, obesidad y aislamiento social, los cuales podrían ocasionar que el individuo requiera la toma de varios productos farmacéuticos desencadenando un importante impacto económico.

López et al. (2014) evidenció en su investigación que variables como el dolor y la capacidad funcional, están relacionadas con la depresión, un bajo estado de ánimo y la presencia de ansiedad.

A nivel Biomecánico, de acuerdo con Subervier (2017) la articulación patelofemoral, es una articulación ubicada a nivel del miembro inferior, la cual está conformada principalmente por la rótula y la tróclea del fémur. La rotula cumple un papel importante en su movimiento, pues es la encargada de centralizar fuerzas divergentes y mejorar la extensión del cuádriceps protegiendo de esta manera la articulación. Durante la Artrosis de Rodilla, es común observar que la zona superficial del cartílago articular es la más expuesta a las fuerzas de tensión, compresión y

cizallamiento, por esta razón los pacientes que padecen de esta patología poseen propiedades bio-estructurales anormales y deficientes a nivel del cartílago articular y del hueso subcondral debido a la presencia de cambios a nivel de tejidos blandos o tejidos tisulares junto con cargas excesivas.

Por otro lado, en relación con la biomecánica de la marcha en pacientes con Artrosis de Rodilla, Alfonso y Ávila (2014) afirman que esta patología presenta signos y síntomas característicos que generan alteraciones, limitaciones y modificaciones tanto estructurales como funcionales a nivel de miembros inferiores obstruyendo el patrón normal de marcha, es por esta razón que los individuos con artrosis de rodilla disminuyen la cantidad de pasos ejecutados por unidad de tiempo, disminuyen la distancia entre dos apoyos de talón tanto de la misma extremidad como de la extremidad contralateral, aumentan el ancho de paso, disminuyen la velocidad lineal y angular y así mismo, presentan menor eficacia en su aceleración.

Así mismo, Alfonso y Ávila (2014) proponen que la transmisión de cargas a nivel de miembro inferior presenta variaciones durante la realización del patrón locomotor, principalmente, la cadera presenta alteraciones alineándose en rotación externa durante el contacto inicial y así mismo, la rodilla presenta un aumento en su agulación en varo, de la misma forma, el tobillo aumenta el grado de supinación disminuyendo la alineación metatarsal, conllevando por lo tanto a un patrón de marcha más lento y menos funcional.

Henriksen, Graven, Aaboe, Andriacchi y Bliddal (2010) afirman que la diferencia más notoria durante la marcha entre los pacientes que padecen Osteoartrosis de Rodilla y aquellos sin la patología es el momento de aducción externa de rodilla durante la fase de apoyo, debido a que este movimiento está determinado por las cargas de la articulación medial de la rodilla. Por lo

tanto, dichos autores afirman que uno de los principales predictores de la presencia, gravedad y tasa de progresión de la Osteoartrosis de Rodilla es el momento máximo de aducción.

De igual forma, en relación con la Funcionalidad, Casilda et al (2018) de acuerdo con su estudio realizado en mujeres mayores de 60 años con Artrosis de Rodilla encontraron una mayor alteración de los determinantes físicos y en las dimensiones de dolor, movilidad y estado de salud en mujeres con Osteoartrosis de rodilla con una afectación funcional, esto debido a que luego del análisis de los datos, se evidenció claramente una disminución en factores relacionados con fuerza muscular, fatiga, resistencia y equilibrio dinámico, lo que representaría directamente una afectación funcional. Así mismo, Casilda et al (2018) obtuvieron en su estudio que los niveles más desfavorables de autopercepción del estado de salud lo poseen aquellas mujeres con mayor afectación funcional, esto a causa de que el deterioro de la calidad de vida se encuentra influenciado por la afectación funcional generada propiamente por la Artrosis, siendo por lo tanto considerada como la tercer causa que presenta mayor repercusión e influencia sobre el estado de salud percibido y la calidad de vida del individuo.

Otro aspecto importante a resaltar en el estudio realizado por Casilda et al (2018) son las alteraciones en el desarrollo de las actividades de la vida diaria, trabajo y relaciones sociales propiamente de una persona con diagnóstico de Artrosis de rodilla, las cuales se ven afectadas como producto del dolor a causa de la degeneración del cartílago articular.

En relación con factores a nivel clínico, Casilda et al (2018) evidenciaron en su estudio que el grupo con afectación funcional presentó peores resultados en valores relacionados con las variables de fatiga, fuerza, resistencia física y equilibrio dinámico. Es importante tener en cuenta que las alteraciones en el equilibrio son las que principalmente influyen de manera negativa en el nivel de independencia funcional del paciente. Por otro lado, la variable de fuerza muscular

repercute directamente en la funcionalidad del paciente, ya que como lo afirma Casilda et al (2018) la disminución de la fuerza muscular en los pacientes con diagnóstico de Artrosis de Rodilla podría ser la desencadenante de la presencia de alteraciones a nivel del equilibrio. Así mismo, otro factor que principalmente influye en la funcionalidad del paciente es la variable de fatigabilidad evidenciada como consecuencia de los niveles reducidos de actividad a causa de los síntomas presentados.

Finalmente, Casilda et al (2018) proponen que el estado de salud y los determinantes físicos influyen sobre el nivel de independencia funcional en mujeres con diagnóstico de Osteoartrosis de Rodilla. De la misma manera, Mine et al (2019) afirman que la presencia de dolor y la deformidad de la estructura de la rodilla disminuyen la función de la rodilla en adultos mayores con osteoartrosis de rodilla, esto debido a que la Artrosis de Rodilla es causada por cambios degenerativos en el cartílago articular y en el hueso, lo que desencadena la presencia de dolor, deformidad articular y trastornos funcionales principalmente durante la edad avanzada, teniendo en cuenta además que de manera progresiva la masa muscular, la fuerza muscular y la contractilidad muscular disminuyen paulatinamente con la edad. Es por esta razón que Mine et al (2019) afirman que para analizar determinados aspectos en individuos con artrosis de rodilla es necesario tener en cuenta también la influencia del envejecimiento y no solamente la función de la rodilla.

Por otro lado, Jurišić-Škevin et al (2018) en su estudio realizado a 913 sujetos diagnosticados con Artrosis de Rodilla, luego de la recolección de datos evidenciaron que el funcionamiento físico se vio afectado principalmente a causa del dolor a nivel emocional, de igual forma, obtuvieron una alta correlación entre la presencia de rigidez y el funcionamiento físico en estos

pacientes, por lo tanto, según Jurišić-Škevin et al (2018) poseer una mayor nivel de rigidez y un mal funcionamiento físico se relaciona directamente con la presencia de dolor.

Así mismo, como fue reportado en el artículo Association between muscle trigger points, ongoing pain, function, and sleep quality in elderly women with bilateral painful knee osteoarthritis de García et al (citado por Jurišić-Škevin et al, 2018) una mayor intensidad del dolor está asociada con un peor funcionamiento físico en pacientes con artrosis bilateral de rodilla, por esta razón se evidenció en este estudio que a diferencia de las mujeres sanas, las mujeres con diagnóstico de Osteoartrosis de Rodilla bilateral tienen un peor funcionamiento físico de acuerdo con los datos obtenidos a través de los cuestionarios WOMAC y SF-36.

Por lo tanto, Jurišić-Škevin et al (2018) afirman que la capacidad funcional y la calidad de vida de los individuos con Artrosis de Rodilla se encuentran influenciadas por la presencia de dolor de rodilla, es por esta razón que para generar una mejora de la funcionalidad y de la calidad de vida en pacientes con diagnóstico de artrosis de rodilla, es importante centrar el objetivo terapéutico en la reducción del dolor.

Por ende, de acuerdo con lo anteriormente mencionado, nace la necesidad de desarrollar el presente proyecto de investigación, el cual posee como **Objetivo General:** Describir las alteraciones de la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional. Este a su vez, cuenta con una serie de objetivos específicos que permiten el logro del objetivo general anteriormente propuesto.

Objetivos Específicos.

1. Diferenciar las características de los sistemas de captura de movimiento tridimensional que permiten el análisis de la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla.

2. Describir las alteraciones de la marcha en las diferentes fases y ángulos de movimiento en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional.
3. Describir las alteraciones temporo-espaciales de la marcha en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional.

De la misma manera, para el desarrollo de este estudio surge la siguiente **pregunta de investigación**: ¿Cuáles son las alteraciones de la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional?. Para dar respuesta a esta pregunta, es necesario tener en cuenta el desarrollo de tres subpreguntas de investigación.

Subpreguntas de investigación.

1. ¿Cuáles son las diferencias entre las características de los sistemas de captura de movimiento tridimensional que permiten medir la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla?
2. ¿Cuáles son las alteraciones de la marcha en las diferentes fases y ángulos de movimiento en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional?
3. ¿Cuáles son las alteraciones temporo-espaciales de la marcha en individuos con artrosis de rodilla medidas a través de sistemas de captura de movimiento tridimensional?

Así mismo, es de gran importancia resaltar que esta investigación nace debido a que la Artrosis de Rodilla de acuerdo con lo mencionado por Casilda et al (2018) es una frecuente enfermedad musculo- esquelética que afecta a millones de personas a nivel mundial y aproximadamente al 40% de la población de persona mayor de 60 años, siendo por lo tanto una

de las principales causas de incapacidad durante la edad avanzada. Se estima que una de cada seis personas sufre de esta enfermedad y, por ende, su incidencia está ligada a la edad. Según lo mencionado por López, Arcila y Estrella (2014) la Artrosis de Rodilla aumenta paulatinamente a partir de los 30 años de edad llegando a una prevalencia de 80% a los 65 años, desencadenando según Ko et al. (2011) una fuerza muscular más baja, una disminución en la distancia recorrida por unidad de tiempo y un rango de movilidad de rodilla disminuido.

Además de lo anteriormente mencionado, el rol del fisioterapeuta dentro del control y manejo de esta patología es muy importante, por esta razón, en relación con la Normatividad de la Profesión, partiendo desde la Ley 528 de 1999 mediante la cual se reglamenta el ejercicio de la Profesión de Fisioterapia, para la realización del presente proyecto de investigación es de gran importancia tener en cuenta principalmente lo mencionado por el Artículo Tercero, el cual afirma que el ejercicio de esta Profesión, se entiende por aquella actividad desarrollada por el Fisioterapeuta encaminada al diseño, ejecución y dirección de investigación, destinada a la construcción de conocimiento, contribuyendo a la comprensión de su objeto de estudio y al desarrollo de su quehacer profesional, así mismo, este artículo propone que el rol del Fisioterapeuta se basa en el diseño, ejecución y dirección de programas de intervención fisioterapéutica para la promoción de la salud, la prevención de las deficiencias y la participación en procesos interdisciplinarios de habilitación y rehabilitación integral. Por otro lado, teniendo en cuenta que la artrosis de rodilla desencadena diversas alteraciones en la ejecución del patrón de movimiento del individuo, el Profesional de Fisioterapia también debe comprometerse con las acciones de promoción de la salud y prevención de las alteraciones del movimiento humano según lo propuesto por el Artículo 28 de la presente Ley.

De acuerdo con lo anteriormente mencionado, el desarrollo del presente proyecto de investigación será un posible aporte a la creación de futuras líneas de investigación en el ámbito de la Fisioterapia, ya que gracias a una búsqueda profunda en diversas revistas nacionales como internacionales, se pudo identificar que si existen estudios previos que manejen estas temáticas de forma individual, sin embargo, es de gran importancia aclarar que en la actualidad no existe evidencia científica en donde se relacionen las temáticas a abordar en un mismo estudio, por lo tanto esta investigación al no haber sido reportada mediante la evidencia científica, permitirá a los demás profesionales construir nuevos conocimientos, contribuyendo al desarrollo de su objeto de estudio y especialmente al crecimiento de su quehacer profesional.

Así mismo, el desarrollo del presente estudio permitirá a futuro el reconocimiento de la labor del Fisioterapeuta ante el manejo de todos los grupos etarios, esto debido a que gracias a la información brindada mediante esta investigación, se logrará en un futuro junto con nuevas investigaciones, que el Fisioterapeuta esté más preparado para afrontar aquellas alteraciones y complicaciones evidenciadas en el movimiento corporal humano ocasionadas por la presencia de Artrosis en la población, especialmente en relación con alteraciones en la Cinemática de la Marcha y limitaciones evidenciadas.

De la misma forma, este estudio al contribuir en la creación a futuro de próximas investigaciones en el ámbito de la Fisioterapia, le permitirá al Fisioterapeuta generar programas de intervención dirigidos hacia el fortalecimiento de otras variables como la Capacidad Aeróbica, Fuerza, Flexibilidad y Equilibrio, las cuales al ser herramientas claves en la funcionalidad del individuo, potencializarían el desarrollo de su Marcha, desencadenando por lo tanto una mejora futura en su Capacidad Funcional.

La información del presente estudio será recolectada mediante el desarrollo de una revisión documental basa en investigaciones donde se observe el uso de sistemas de captura de movimiento tridimensional, con lo cual se podrá determinar las características de la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla, con el fin de determinar las alteraciones presentes en la marcha de esta población, favoreciendo por lo tanto el cuerpo de diseño del Fisioterapeuta y por ende no representará un riesgo para la comunidad al no tener contacto con un grupo poblacional específico.

La creación del presente estudio brindaría aportes a los objetivos propuestos en la política pública de envejecimiento y vejez, la cual tiene como fin principal garantizar la promoción, protección, restablecimiento y ejercicio pleno de los derechos humanos de las personas mayores. Por esta razón, al promover el envejecimiento activo y querer garantizar la promoción y protección de esta población, el Fisioterapeuta desde su quehacer profesional podrá obtener conocimientos nuevos acerca de la influencia de la Artrosis de Rodilla sobre la ejecución de las diversas actividades de la vida diaria y sobre las características de la cinemática de la marcha y por ende poder plantear programas de promoción y prevención dirigidos hacia esta población con el fin de disminuir la aparición de posibles consecuencias producto del envejecimiento.

La Artrosis de Rodilla desencadena un gran impacto sobre la Funcionalidad y el Funcionamiento de quien la padece. En primer lugar, desarrolla alteraciones en el nivel de Independencia Funcional junto con alteraciones en el desarrollo de actividades de la vida diaria, trabajo y relaciones sociales. De la misma forma, de acuerdo con lo mencionado por Casilda et al (2018) a mayor afectación personal, peor calidad de salud, generando por ende un deterioro de la calidad de vida junto con una alteración en el estado emocional del individuo.

De acuerdo con lo mencionado por el Ministerio de Salud y Protección Social (2019) en su Análisis de Situación de Salud (ASIS), en Colombia actualmente las enfermedades no transmisibles fueron la primera causa de atención durante el periodo de 2009 a 2018 en persona mayor de 60 años, generando un 81,17% de la demanda y una razón de 20 atenciones por persona, teniendo en cuenta que durante este periodo de tiempo fueron atendidas 157.720.379 adultos mayores con una media anual de 17.524.487. De la misma forma, en un estudio realizado por Morales et al (2016) se logro identificar que la artrosis para el año 2016 es considerada como una de las cinco comorbilidades más comunes dentro de la población de persona mayor de 60 años, después de la Hipertensión Arterial, Insuficiencia Venosa, Dislipidemia e Infección Urinaria.

Marco de Referencia

Partiendo desde lo mencionado por distintos autores, cuyos estudios se relacionan con la temática principal de esta investigación, se describirá a continuación la postura de cada uno frente a sus estudios realizados, iniciando con aquellos cambios evidenciados por algunos frente a las características de la cinemática de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla, para posteriormente continuar con la influencia de esta patología en la calidad de vida y funcionalidad del individuo.

Mezghani, Mechmeche, Mitiche, Ouakrim y de Guise (2018) en su estudio realizado a 40 sujetos con diagnóstico de artrosis de rodilla y a 40 sujetos asintomáticos como grupo de control, proponen que los análisis cinemáticos tridimensionales de la rodilla, mediante los cuales se miden los respectivos grados de flexión, extensión, abducción, aducción y rotaciones propios de la articulación están siendo cada vez más utilizados con el fin de localizar posibles alteraciones a nivel patológico y poder determinar su funcionalidad e impacto en la marcha. Así mismo, gracias a este método tridimensional, Mezghani et al. (2018) afirman que “También ofrecen oportunidades para el diagnóstico, la clasificación y la terapia de patologías musculoesqueléticas de la rodilla”. Para cada participante se promedió una serie de quince caminatas de ciclo completo en cinta de correr para determinar un patrón de marcha representativo por cada uno.

En relación al Análisis de la Cinética y Cinemática de la Marcha, Sokk et al (2017) en su estudio realizado a sujetos entre 59 a 74 años diagnosticados con Artrosis de Rodilla, usaron un sistema de análisis de movimiento óptico-electrónico junto con 6 cámaras infrarrojas y 20 marcadores esféricos reflectores, los cuales fueron unidos a los puntos anatómicos del cuerpo seleccionados, siendo calculados el tiempo de postura, tiempo de zancada, parámetros de distancia, velocidad y longitud de zancada, pidiendo a los participantes que caminaran a lo largo

de una pasarela de 5.3 metros a una velocidad cómoda. Como resultados se evidenció a nivel de la marcha una disminución del paso, longitud de zancada y una velocidad más lenta, así mismo, se obtuvo que la postura y el tiempo de zancada fueron más largos.

De igual forma, Alfonso y Ávila (2014) realizaron un estudio investigativo longitudinal Phanel, cuyo objetivo principal fue “describir las diferencias en las variables cinemáticas de la marcha en mujeres mayores de 60 años con artrosis de rodilla con diferentes descargas de peso”, el cual fue aplicado en una muestra de 16 mujeres con diagnóstico de artrosis de rodilla en relación con una serie de criterios de inclusión y de exclusión. En este estudio, Alfonso y Ávila (2014) evidenciaron algunas modificaciones relacionadas con los rangos de movimiento, en donde, los pacientes con artrosis de rodilla presentaron modificaciones principalmente a nivel de flexión de la rodilla en cada fase de la marcha como mecanismo de protección contra el dolor, de igual forma, en relación con la articulación del tobillo se observó que la flexión plantar en la fase de prebalanceo y la flexión dorsal como respuesta a la carga disminuyen en pacientes con artrosis de rodilla.

Así mismo, Mine et al (2019) en su estudio realizado en 33 pacientes diagnosticados con artrosis de rodilla y 33 pacientes sanos afirman que “el análisis de la marcha proporciona un método conveniente y no invasivo para el estudio de la cinemática y cinética de todo el cuerpo en grandes campos de medición”, esto debido a que la Artrosis de rodilla en pacientes ancianos produce una disminución de la función de la rodilla a causa de la presencia de dolor y de la deformidad, lo cual influye en la ejecución del patrón de marcha

Por otro lado, Jiménez et al (2013) en su estudio cuyo objetivo principal fue la evaluación de la calidad de vida de los pacientes con limitación funcional de la rodilla de una unidad de primer nivel de atención, realizado a 317 pacientes, proponen el uso del Cuestionario Western Ontario

and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) con el fin de medir la sintomatología y la discapacidad física percibida por la población con Osteoartrosis de rodilla, obteniendo así de una totalidad de 317 pacientes (137 masculinos y 180 femeninos), un total de 222 pacientes con limitación funcional leve y 37 con limitación funcional moderada, evidenciando además que aquellos con una mayor limitación funcional presentan una peor calidad de vida gracias al uso del Cuestionario SF-36 con el cual se evaluó la Calidad de Vida en los participantes del estudio observando valores elevados en las subescalas de ansiedad y de depresión.

Así mismo, Casilda et al (2018) desarrollaron un estudio observacional de corte transversal cuyo principal objetivo era “explorar el estado de salud y los determinantes físicos según el nivel de independencia funcional en mujeres mayores de 60 años con diagnóstico de artrosis de rodilla”, este estudio fue llevado a cabo en 126 mujeres mayores de 60 años diagnosticadas con artrosis bilateral de rodilla. Para la correspondiente medición de la Funcionalidad y de los Determinantes Físicos en miembros inferiores se utilizó el Cuestionario Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) como una subescala propia para evaluar la función física, de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio, de 120 pacientes con Osteoartrosis de Rodilla evaluados, 71 presentaron afectación funcional y 49 no la presentaron, de igual forma, fue evaluado el equilibrio dinámico mediante la prueba Timed Up and Go (TUG), la resistencia mediante el Test de Marcha de Seis Minutos, la fuerza de miembros inferiores mediante el Stair Climbing Test y la fatiga mediante la Escala Visual Analógica de Fatiga (EVA), evidenciando que el grupo con afectación funcional presentaba mayores valores de fatiga, una menor distancia recorrida en el Test de Marcha de Seis Minutos, disminución del equilibrio dinámico y peor fuerza muscular a nivel de miembros inferiores.

De igual forma, Wagn, Ma, Guo y Pan (2018) en su estudio aplicado a una totalidad de 100 pacientes mayores a 75 años diagnosticados con artrosis de rodilla cuyo fin fue evaluar los efectos del tratamiento con ejercicios para la osteoartrosis de rodilla, uno de sus principales instrumentos utilizados antes y después de comenzar con el tratamiento con ejercicios fue el uso del Cuestionario Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) con el fin de evaluar “las condiciones de los pacientes con osteoartrosis de la rodilla, incluido el dolor, la rigidez y el funcionamiento físico de las articulaciones” (Wagn, Ma, Guo y Pan, 2018)

La variable central de la presente investigación es la cinemática de la marcha, la cual según Olmedo (2012) a nivel general se define como “la parte de la Física que estudia el movimiento de los cuerpos, denominados, en sentido general, como partículas”, sin embargo, dentro del ámbito fisioterapéutico esta se basa según Maceira (2003) en la “cuantificación del movimiento de los segmentos corporales”, con lo cual quiere decir que la cinemática, enfocada en el análisis de la marcha, se encarga principalmente de la descripción del movimiento de los segmentos corporales en relación con la ejecución de las diversas fases de la marcha (Tabla 1).

Tabla 1

Fases de la marcha

Fases de la Marcha		Definición
Fase de Apoyo (60% del Ciclo de la Marcha)	Fase de Postura Temprana o Contacto Inicial	Según Osorio & Valencia (2013) esta fase se ejecuta en el instante en el cual el talón de una extremidad inferior hace contacto con el suelo.
	Apoyo Plantar o Fase de Respuesta a la Carga	De acuerdo con Osorio & Valencia (2013) esta fase se desarrolla al generar un contacto de la zona anterior del pie de la extremidad inferior de referencia con el suelo.
	Fase de Postura Medial o Apoyo Medio	Considerada por Osorio & Valencia (2013) como aquella fase en donde ocurre una alineación anatómica del trocánter mayor del fémur con el centro del pie de la extremidad de referencia.

	Fase de Postura Terminal o Apoyo Terminal	Osorio & Valencia (2013) la definen como aquella fase en la cual el talón de la extremidad de referencia deja de hacer contacto con el suelo.
	Despegue	Según Osorio & Valencia (2013) esta fase ocurre con el fin de dar comienzo a la fase de balanceo y consiste en la elevación de los dedos del suelo de la extremidad de referencia.
Fase de Balanceo (40% del Ciclo de la Marcha)	Balanceo Inicial o Fase de Oscilación Temprana	Osorio & Valencia (2013) proponen que esta fase se caracteriza por la ejecución de un rápido momento de aceleración del extremo de la pierna contraria, inmediatamente después de ejecutar la fase de despegue.
	Balanceo Medio o Fase de Oscilación Media	De acuerdo con Osorio & Valencia (2013) esta fase se ejecuta cuando la extremidad que se encuentra en fase de balanceo inicial pasa a la otra extremidad ubicándose por delante de la misma, ya que esta última se encuentra en fase de apoyo.
	Balanceo Terminal o Fase de Oscilación Terminal	Según Osorio & Valencia (2013) esta fase consiste en la desaceleración de la extremidad que se encuentra en la fase de balanceo cuando se acerca el final del intervalo.

La Tabla 1 evidencia que cada fase de la marcha posee características distintas que permiten la ejecución del patrón general. En primer lugar, se encuentra la fase de apoyo o postura correspondiendo al 60% del patrón, está compuesta por la fase de postura temprana o contacto inicial, fase de apoyo plantar o de respuesta a la carga, fase de postura medial o apoyo medio, fase de postura terminal o apoyo terminal y fase de despegue. En segundo lugar, se encuentra la fase de balanceo o fase de oscilación corresponde al 40% restante del patrón de marcha, está compuesta por la fase de balanceo inicial o fase de oscilación temprana, fase de balanceo medio o fase de oscilación media y finalmente la fase de balanceo terminal o fase de oscilación terminal.

De la misma manera, es importante resaltar que la cinemática está compuesta por una serie de variables espacio – temporales que la conforman (Tabla 2).

Tabla 2

Variables espacio-temporales que conforman la cinemática de la marcha

Variable Espacio-Temporal	Definición
Longitud de Paso	Según Cámara (2011) es la distancia existente entre puntos de contacto específicos de los pies con el suelo, específicamente entre el punto de apoyo de un talón de un pie y el punto de apoyo del talón del pie contrario.
Cadencia de Paso	Según Cámara (2011) es considerada como el número total de pasos que da un individuo durante la ejecución de la marcha dentro de un tiempo específico.
Longitud de Zancada	De acuerdo con Cámara (2011) esta variable se considera como la sumatoria de dos longitudes de paso durante la ejecución de la marcha.
Tiempo de Zancada	Cámara (2011) afirma que esta variable se determina según la ejecución de dos apoyos del pie en el suelo realizados de forma sucesiva.
Tiempo de Apoyo	Considerado por Cámara (2011) como el tiempo específico en el cual el pie está en contacto con el suelo.
Tiempo de Balanceo	Según Cámara (2011) esta variable determina el tiempo específico en el cual el pie no entra en apoyo contra el suelo al ejecutar la marcha
Velocidad de la Marcha	Cámara (2011) propone que esta variable determina la distancia específica recorrida por el individuo durante un tiempo determinado.

Las variables espacio – temporales que da a conocer la Tabla 2, se refieren a aquellas mediciones cinemáticas que se realizan en el análisis del patrón de marcha a través del uso de diversos sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional y que permiten identificar alteraciones o posibles cambios durante la ejecución del patrón por parte del individuo, como es en este caso en sujetos con artrosis de rodilla.

El estudio de las variables espacio – temporales de la cinemática de la marcha se realiza a través del uso de diversos planos y ejes que permiten un mejor entendimiento de los cambios evidenciados en individuos con artrosis de rodilla (Tabla 3).

Tabla 3

Planos y ejes usados para el análisis de la cinemática de la marcha

Planos y ejes		Definición
Planos	Plano Frontal	Según Centro Impulso (2018) este plano se encarga de dividir al cuerpo humano en mitad anterior y mitad posterior.
	Plano Sagital	De acuerdo Centro Impulso (2018) este plano se encarga de dividir al cuerpo humano en mitad derecha e izquierda.
	Plano Transversal	Centro Impulso (2018) afirman que a diferencia de los demás planos anatómicos este se encarga de dividir al cuerpo humano en mitad superior y mitad inferior.
Ejes	Anterior – Posterior	Según Centro Impulso (2018) este eje se caracteriza por dirigirse hacia adelante y hacia atrás, siendo por ende perpendicular al plano frontal.
	Vertical – Longitudinal	Centro Impulso (2018) proponen que este eje se dirige hacia arriba y hacia abajo siendo por lo tanto perpendicular al plano transversal.
	Laterolateral -Transversal	De acuerdo Centro Impulso (2018) este eje se dirige de lado a lado siendo por ende perpendicular al plano sagital.

Los planos y ejes encontrados en la Tabla 4, son de gran importancia dentro del análisis de las características cinemáticas de la marcha, ya que permiten identificar con mayor eficacia los cambios en los movimientos del individuo ejecutados durante cada fase del patrón.

Así mismo, además de estas variables espacio – temporales, el estudio de la cinemática de la marcha comprende el análisis de las variaciones angulares de los diferentes segmentos corporales relacionados con el comportamiento anatómico durante la ejecución del patrón de marcha, es por esto que es de gran importancia el conocimiento de cada uno de estos movimientos corporales enfocados principalmente en miembros inferiores al ejecutar este patrón (Tabla 4).

Tabla 4

Movimientos corporales analizados en la cinemática de la marcha

Movimiento Corporal	Definición
Flexión	Kapandji (2012) afirma que el movimiento de flexión se desarrolla en el plano sagital y se caracteriza por generar que el miembro inferior se ubique por delante del plano frontal sobrepasándolo.
Extensión	Kapandji (2012) propone que el movimiento de extensión es generado en el plano sagital, este se caracteriza por generar que el miembro inferior se dirija por detrás del plano frontal.
Abducción	Según Kapandji (2012) el movimiento de abducción genera que el miembro inferior se dirija hacia afuera alejándolo del plano de simetría del cuerpo.
Aducción	De acuerdo con Kapandji (2012) el movimiento de aducción es generado en el plano frontal y se caracteriza a diferencia el movimiento de aducción por generar que el miembro inferior se dirija hacia adentro aproximándolo al plano de simetría del cuerpo.
Rotación Interna	Kapandji (2012) afirma que el movimiento de rotación interna es generado en el plano transversal y se caracteriza por generar que la punta del pie se dirija hacia adentro.
Rotación Externa	De acuerdo con Kapandji (2012) el movimiento de rotación externa es generado en el plano transversal y a diferencia del movimiento de rotación interna se caracteriza por dirigir la punta del pie hacia afuera.
Dorsiflexión	Según Kapandji (2012) este movimiento es generado cuando se ejecuta la elevación del pie, aproximando el dorso de este mismo a la cara anterior del miembro inferior, generando que los dedos apunten hacia arriba.
Plantiflexión	Kapandji (2012) propone que la plantiflexión a diferencia de la dorsiflexión se caracteriza por generar el descenso del pie, alejando el dorso de este mismo de la cara anterior del miembro inferior.

La Tabla 4 permite identificar los movimientos generados durante toda la ejecución del patrón de marcha a nivel de miembros inferiores, en donde se desarrollan movimientos de flexión, extensión, abducción, aducción, rotación interna, rotación externa, dorsiflexión y plantiflexión, los cuales pueden presentar cambios y alteraciones en su ángulo de movimiento de acuerdo con la condición de salud del individuo analizado.

Así mismo, para la comprensión de este estudio es necesario dar a conocer otros conceptos claves que permiten el entendimiento de las características de la cinemática de la marcha en personas con artrosis de rodilla (Tabla 5).

Tabla 5

Otros conceptos claves en el análisis de las características cinemáticas de la marcha

Concepto	Definición
Varo de Rodilla	Baroni (2013) propone que el varo de rodilla hace referencia a una alteración de la alineación anatómica en la cual el eje de las extremidades inferiores, en este caso, la articulación de la rodilla posee una desviación hacia medial en el plano frontal.
Empuje varo	Desde el área de la física, Melo, Sánchez, Cañada, & Martínez (2016) afirman que el concepto de empuje está relacionado con otras variables como masa, volumen, densidad y peso, sin embargo, en este caso este concepto se refiere a la fuerza que ejerce la superficie sobre la extremidad hacia arriba manteniendo el varo durante la ejecución del patrón de marcha.
Ángulo de progresión del pie	Según Salcedo, González, & Albiñana (2009) es el ángulo formado por el eje longitudinal del pie (desde el talón hasta la zona metatarsal) y la línea de progresión de la marcha en el suelo.
Velocidad Angular	Natacionguaymas (s.f) propone que la velocidad angular hace referencia a la velocidad de rotación de un cuerpo o segmento corporal desarrollando de esta manera un ángulo de movimiento al girar en torno a un eje.
Oblicuo	De acuerdo con la Real Academia Española (2020) este concepto se refiere a aquel segmento cuya dirección se desvía de la línea horizontal o vertical de referencia.

Finalmente, la Tabla 5 da a conocer otros conceptos que son usados por diversos autores durante el análisis de las características cinemáticas de la marcha especialmente en sujetos con artrosis de rodilla al ejecutar este patrón, como lo es el varo de rodilla, empuje de varo, ángulo de progresión del pie, velocidad angular y oblicuo.

Al desarrollar la presente investigación se espera encontrar la mayor cantidad de evidencia científica posible acorde con el tema central, con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación planteada para el presente estudio, así mismo, con toda la información recolectada, se espera poder dar a conocer nueva información en el ámbito de la Fisioterapia que permita la creación de futuras líneas de investigación.

Método

El presente proyecto de investigación se desarrolló a través de una revisión documental con artículos de evidencia científica publicados en bases de datos como PubMed, Scopus, Web Science, Science Direct, EbscoHost, Scielo, PEDro y Google Scholar. La estrategia de búsqueda se realizó a través de los siguientes términos MeSH: Motion Capture System, Gait Analysis, Motion Analysis, Osteoarthritis, Knee, 3D animation, así mismo, los artículos elegidos para este estudio fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de inclusión y de exclusión mencionados a continuación:

Criterios de Inclusión

1. Estudios publicados en los últimos 10 años
2. Artículos en idioma inglés, español y portugués
3. Población de estudio basada en individuos con edades entre los 50 y 80 años con diagnóstico de artrosis de rodilla
4. Estudios cuya metodología se centre en el análisis de la marcha normal en terreno plano
5. Incluir dentro de su metodología el uso de un sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional para la medición de la cinemática de la marcha
6. Serán incluidas investigaciones desarrolladas como estudios de casos clínicos, estudios de series de casos, estudios de casos y controles, estudios de cohortes, estudios correlacionales, ensayos clínicos no controlados, estudios cuasi-experimentales, ensayos clínicos aleatorizados y controlados, así mismo serán incluidos meta-análisis y revisiones sistemáticas como estudios que permitan la obtención de nuevos artículos acordes con la temática central

Criterios de Exclusión

1. Investigaciones publicadas hace más de 10 años
2. Artículos publicados en otras bases de datos
3. Población de estudio basada en individuos con edades inferiores a 50 años
4. Participantes con diagnóstico de artrosis en otra articulación de miembros inferiores distintas a la rodilla o que requieran al uso de un dispositivo de asistencia para caminar
5. Estudios cuya metodología no incluya el uso de un sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional para la medición de la cinemática de la marcha
6. Estudios cuyo análisis de la marcha se desarrolle en terrenos irregulares o a través del uso de dispositivos de asistencia
7. Serán excluidas investigaciones desarrolladas como Revisión Documental, Tesis de Grado, Revisión de Literatura y Revisión Narrativa.

Luego de realizar la búsqueda en las respectivas bases de datos anteriormente mencionadas, se encontró un total de 60 artículos relacionados con la temática principal de esta investigación.

Posteriormente, de la totalidad de artículos encontrados se realizó una segunda selección para excluir aquellos que incluían en su estudio participantes con antecedente de lesión de ligamento cruzado anterior o individuos con otras patologías osteomusculares en sus miembros inferiores, así mismo, fueron excluidas aquellas investigaciones en donde se realizaba el estudio de la cinemática de la marcha permitiendo que sus participantes hicieran uso de dispositivos de asistencia para caminar, estudios donde se generaba una perturbación de la marcha en los participantes mediante obstáculos durante el análisis cinemático o aquellos que evaluaban la marcha en condiciones modificadas, de igual manera se excluyeron investigaciones donde hicieron uso de placebos antes del análisis de la marcha, donde sus participantes hicieron parte

de un programa de entrenamiento físico para mejorar sus condiciones de la marcha antes del análisis cinemático y aquellas donde se evaluó principalmente la contracción muscular del individuo. De igual manera, se excluyeron aquellos estudios cuyo objetivo central fuera determinar la fiabilidad y eficacia de un sistema captura de movimiento o en donde hicieran comparaciones entre sistemas de captura sin basarse en el análisis cinemático de los participantes y finalmente aquellas investigaciones centradas en el análisis de la alineación de segmentos corporales de los participantes y no en el análisis cinemático de la marcha.

Luego de esta segunda selección, fueron elegidos 35 artículos para el desarrollo de la presente investigación (Figura 1) los cuales cumplen con los criterios de inclusión y exclusión anteriormente mencionados. Estos estudios seleccionados fueron almacenados posteriormente en una matriz (Anexo 1.1) y se clasificaron de acuerdo con el sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional usado en su metodología, con el fin de determinar los sistemas de captura que se tendrían en cuenta para el desarrollo de la presente investigación.

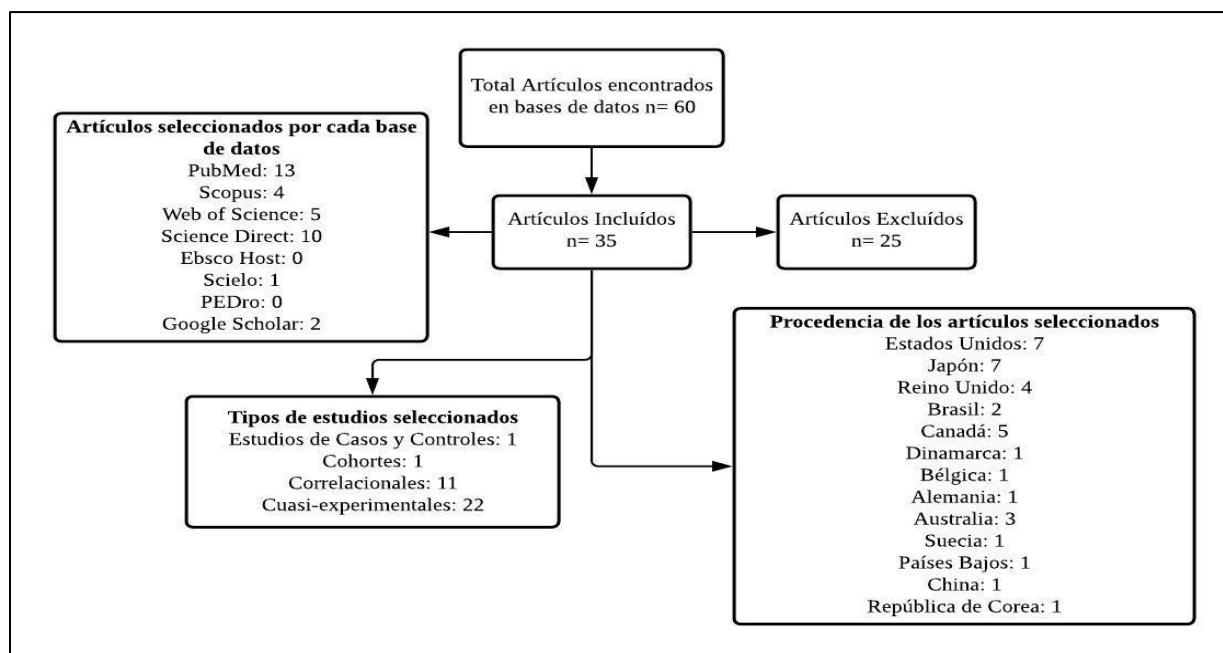


Figura 1. Diagrama de selección de artículos. Cada recuadro representa la cantidad de artículos seleccionados según especificación.

Dentro de los sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional seleccionados para este estudio se encuentran Qualysis Médical, Eagle Digital Real-Time, Vicon Motion System, Motion Capture System, Opti Knee, Optotrak 3020, H-Gait System, Orthostat 6.29 y Eagle EvaRT.

Consecutivamente para la descripción de resultados de la presente investigación, se procedió a hacer la correspondiente síntesis de información contenida en cada uno de los artículos seleccionados de acuerdo con el sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional utilizado por los autores, para esto se desarrolló la lectura de cada uno de los artículos con el fin de dar a conocer una descripción breve de cada uno de los sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional encontrados en un cuadro de resumen.

Posteriormente se construyó una matriz de análisis de datos general con la información encontrada en cada artículo para sintetizar de manera general todo lo expuesto a través de estos estudios.

Finalmente se procedió a brindar una descripción detallada de los hallazgos evidenciados en la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla por cada uno de los sistemas de captura encontrados, con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación anteriormente propuesta y cumplir con el objetivo central de este estudio.

Resultados

Los 35 artículos seleccionados en la presente investigación fueron encontrados en distintas bases de datos a través del uso de términos MeSH, sin embargo, fue evidente que la cantidad de artículos elegidos difería en cantidad según la base de datos utilizada (Tabla 6).

Tabla 6

Artículos seleccionados por cada base de datos

Base de datos	Cantidad de artículos elegidos	Porcentaje de artículos elegidos
PubMed	13	37%
Scopus	4	11%
Web of Science	5	14%
Science Direct	10	29%
Ebsco Host	0	0%
Scielo	1	3%
PEdro	0	0%
Google Scholar	2	6%
Total Artículos	35	100%

La Tabla 6, da a conocer que el porcentaje mayor de artículos seleccionados provenía de la base de datos de PubMed con un 37%, seguida de Science Direct con un 29% y finalmente Web of Science con un 14%. Así mismo, se evidencia que no fueron seleccionados estudios provenientes de las bases de EbscoHost y PEDro, ya que no cumplían con los respectivos criterios de inclusión anteriormente mencionados.

De la misma manera, fue evidente que los artículos seleccionados para esta investigación de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión difieren en relación con la cantidad elegida, respecto al sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional utilizado por cada autor en su metodología de estudio (Tabla 7).

Tabla 7

Artículos seleccionados por cada sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional

Sistema de captura	Cantidad de artículos elegidos	Porcentaje de artículos elegidos
Qualysis Medical	8	23 %
Eagle Digital Real Time	2	6%
Vicon Motion System	18	51%
Motion Capture System	2	6%
Opti Knee	1	3%
Optotrak 3020	1	3%
H-Gait System	1	3%
Orthostat 6.29	1	3%
Eagle EvaRT	1	3%
Total Artículos	35	100%

Por esta razón, la Tabla 7 demuestra que el porcentaje mayor de artículos seleccionados usa en su metodología el sistema Vicon Motion System correspondiendo a un 51%, seguido del uso del sistema Qualysis Medical con un 23%. Así mismo, se identificó que, dentro de los sistemas de captura menos usados en los artículos elegidos para esta investigación, se encuentran el Opti Knee, Optotrak 3020, H-Gait System, Orthostat 6.29 y Eagle EvaRT cada uno con un equivalente del 3%.

Los artículos seleccionados al ser buscados en diversas bases de datos provienen de distintos países de origen, presentando diferencias respecto a la cantidad seleccionada por cada país (Tabla 8).

Tabla 8

Artículos seleccionados por cada país de origen

País de origen	Cantidad de artículos elegidos	Porcentaje de artículos elegidos
Estados Unidos	7	20%
Japón	7	20%
Reino Unido	4	11%

Brasil	2	6%
Canadá	5	14%
Dinamarca	1	3%
Bélgica	1	3%
Alemania	1	3%
Australia	3	8%
Suecia	1	3%
Países Bajos	1	3%
China	1	3%
República de Corea	1	3%
Total Artículos	35	100%

De acuerdo con la Tabla 8, la mayoría de artículos seleccionados provienen de Estados Unidos y Japón con un porcentaje del 20% cada uno, seguido de Canadá con un 14% y de Reino Unido con un 11%. Así mismo, solo fue encontrado un artículo proveniente de Dinamarca, Bélgica, Alemania, Suecia, Países Bajos, China y República de Corea correspondiendo cada uno a un porcentaje del 3%.

Por otro lado, se encontraron diferencias relacionadas con la cantidad de artículos elegidos según el tipo de estudio usado por los autores en su metodología (Tabla 9).

Tabla 9

Artículos seleccionados según el tipo de estudio

Tipo de estudio	Cantidad de artículos encontrados	Porcentaje de artículos encontrados
Estudio de casos y controles	1	3%
Cohortes	1	3%
Correlacionales	11	31%
Cuasi – experimentales	22	63%
Total Artículos	35	100%

La Tabla 9 demuestra que la mayoría de artículos elegidos correspondieron a estudios cuasi – experimentales con un porcentaje del 63%, seguidos de estudios correlacionales con un 31%. Así

mismo, sólo fue encontrado un estudio de casos y controles y un estudio de cohortes equivalente a un porcentaje del 3% cada uno. Finalmente, no fueron seleccionados estudios de casos clínicos, series de casos, clínicos no controlados, ensayos clínicos aleatorizados y controlados, meta – análisis y revisiones sistemáticas, ya que no cumplían con los criterios de inclusión anteriormente mencionados.

Esta investigación al encontrar diversos sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional con características distintas en relación con su estructura y funcionamiento (Tabla 10), es de gran importancia conocer estas diferencias para posteriormente comprender aspectos relacionados con la cinemática de la marcha en individuos con artrosis de rodilla desde el punto de vista de cada sistema de captura de análisis de movimiento.

Tabla 10

Sistemas de Captura de Análisis de Movimiento Tridimensional

Sistema de Captura			Descripción
Qualysis Medical			Sistema de Captura de Movimiento fabricado en Suecia encargado de registrar en tiempo real el movimiento corporal a modo bidimensional y tridimensional en 6 grados de libertad. Además, cuenta con una precisión de décimas de milímetro reales gracias a su sistema de calibración en 15 segundos, hace uso de cámaras especializadas de dos tipos: Miquis y Oqus, las cuales, con ayuda de marcadores reflectivos ubicados en prominencias óseas, permiten la captura de movimiento mediante un sistema de velocidades diferentes acorde con la resolución y el campo de visión. A su vez, cuenta con tecnología de subpíxeleado multiplicando 64 veces la resolución del sensor de cámaras, detectando con esto movimientos de 0,01 mm. (Metron Medical Supplies , s.f.)
Eagle Time	Digital	Real	Sistema de Captura de Movimiento cuyo funcionamiento se basa en el uso de cámaras digitales tipo Eagle y del Software Cortex, lo que permite capturar el movimiento con mayor precisión durante la ejecución de movimientos sencillos y complejos. Este sistema de captura usa resolución de 1,3 millones de píxeles con una resolución de 1280 x 1024 y de 1250 x 500 a altas velocidades a través de un sistema portable de 8 cámaras de alta calidad y a su vez hace uso de marcadores reflectores ubicados en zonas anatómicas específicas. (Motion Analysis, 2010)
Vicon Motion System			Considerado como el principal sistema de captura de movimiento óptico cuyo análisis es generado a través de la visión, maneja coordenadas

		tridimensionales, se basa en la medición de objetos volumétricos como es el caso del cuerpo humano y es de alta complejidad. Este sistema hace uso de marcadores reflectantes conectados al individuo, los cuales son ubicados en la pelvis y en zonas específicas de las extremidades inferiores permitiéndole ser uno de los sistemas más precisos y con alto nivel de exactitud, sin embargo, posee un costo elevado para su adquisición. Así mismo hace uso de 10 cámaras de captura las cuales permiten hacer el rastreo del sujeto durante el análisis y por ende requiere personal especializado para su uso. (Gómez, y otros, 2018)
Motion System	Capture	Este sistema incluye 10 cámaras Eagle sincronizadas con 2 placas de fuerza, a su vez usa una frecuencia de 100 Hz en conjunto con 38 marcadores de 20 mm de diámetro ubicados en puntos anatómicos específicos bilateralmente en miembros inferiores. Para calcular los momentos de aducción externos trabaja en conjunto con un sistema de dinámica inversa denominado Kintrak versión 6.2. (Vanwanseele, y otros, 2010)
Opti Knee		Permite un análisis tridimensional de la marcha a través del uso de 2 marcadores ubicados a la mitad del fémur y a la mitad de la tibia mediante vendajes en posición neutral, así mismo, para obtener el análisis de movimiento tridimensional, el sistema hace uso de 2 cámaras infrarrojas de alta velocidad con una frecuencia de 60 Hz. Por otro lado, este sistema consta de una sonda digitalizadora de mano que permite identificar 9 puntos óseos diferentes con el fin de diferenciar la posición y trayectoria tridimensional del fémur y la tibia durante la ejecución del patrón de marcha. (Zeng, y otros, 2017)
Optotrak 3020		Sistema de captura de movimiento fabricado por Northern Digital, cuyo funcionamiento se basa en la captura de marcadores ubicados en zonas anatómicas específicas, los cuales son emisores de luz infrarroja. Así mismo, su análisis es realizado a través de sensores de cámara ubicados a corta distancia, estos van a permitir tomar datos en 2D para posteriormente calcular las coordenadas de posición del cuerpo humano de manera tridimensional. Este cálculo solo se puede realizar en un único marcador a la vez, por ende, este sistema fue fabricado con un método de multiplexación temporal que permite hacer el análisis a partir de varios marcadores mediante la Unidad de Control del Sistema y el Strober que permiten el procesamiento de la información. (Derzi & Volcic, 2018)
H-Gait System		Conocido por ser un sistema de captura de movimiento portátil cuyo funcionamiento se basa en el análisis del movimiento corporal humano a través del uso de sensores MIMU equipados con acelerómetros, giroscopios y magnetómetros multidireccionales. Estos sensores además de estar dotados de estas herramientas también cuentan con un Software específico que permite la medición de características de la marcha en individuos de manera tridimensional enfatizándose en aspectos espacio – temporales y cinemáticos. (Agostini, Gastaldi, Rosso, Knaflitz, & Tadano, 2017)
Orthostat 6.29		Sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional compuesto por 6 cámaras infrarrojas, marcadores reflectantes de 25 mm, los cuales fueron ubicados en zonas anatómicas específicas y dos placas de fuerza. (Cho, Ko, & Lee, 2015)
Eagle EvaRT		Este sistema permite el análisis de la marcha de manera tridimensional a través del uso de 8 cámaras y el uso de más de 20 marcadores ubicados en zonas anatómicas específicas. Para determinar datos cinéticos hace uso de

una frecuencia de 1200 Hz y de 60 Hz para datos cinemáticos. Así mismo, trabaja en conjunto con el software de dinámica inversa Orthotrak 6.2.4; MAC, Santa Rosa, CA y técnicas específicas de procesamiento de la información, las cuales permiten crear un modelo de cuerpo rígido a través de un sistema coordenadas locales coincidiendo con ejes anatómicos importantes. (Moyer, Birmingham, Chesworth, Kean, & Giffin, 2010)

Las características cinemáticas de la marcha en individuos con artrosis de rodilla varían de acuerdo con el sistema de captura de movimiento tridimensional utilizado para recolectar la información, por este motivo a continuación se darán a conocer los resultados identificados por cada uno de los sistemas de captura:

Qualysis Medical

Tabla 11

Características de los estudios basados en el Sistema Qualysis Medical

Autores	Ubicación de Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Asay, Erhart, & Andriacchi (2018)	Muslo Tibia	Velocidad de la marcha: Se mantiene en el tiempo, no varía, (p-Valor: 0.96)
Kudo, et al (2020)	Tronco A lo largo del miembro inferior Parte frontal del muslo Vástago Crestas iliacas Pies	Ángulo de aducción de rodilla: Se correlaciona (p-Valor: 0.16) Ángulo de flexión de rodilla en el golpe de talón: Se correlaciona (p-Valor: 0.06) Pico del ángulo de aducción de rodilla: Se correlaciona (p-Valor: 0.65) Ángulo femorotibial: Varía (p-Valor: 0.0037) Velocidad de la marcha: No tiene cambios significativos (p-Valor: 0.8692)
Sparkes, et al. (2019)	Muslo Vástago Crestas iliacas Pies	Rango de movimiento de rodilla, cadera y tobillo: Sin diferencias significativas Velocidad de la marcha: Sin diferencias significativas Anchura/longitud de zancada: Sin diferencias significativas Tiempo de ciclo: Sin diferencias significativas Longitud de paso: Sin diferencias significativas

		Tiempo de paso: Sin diferencias significativas Tiempo de posición: Sin diferencias significativas Tiempo de oscilación: Sin diferencias significativas Zancadas por minuto: Sin diferencias significativas
Bedran, Alves, & Noce (2013)	Articulaciones esternoclaviculares izquierda y derecha Proceso espinoso de las séptimas vértebras cervicales Manubrio esternal Pelvis Muslo Vástago Sacro Calcáneo Maléolo lateral Cabeza del quinto metatarsiano	Velocidad de la marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.000) Ángulo de progresión del dedo del pie: Disminuye en artrosis de rodilla (p-Valor: -0.015) Inclinación lateral del tronco: Aumentada en artrosis de rodilla (p-Valor: -0.019)
Jones, Stanish, & Rutherford (2018)	Aspecto lateral de los hombros por debajo del acromion Proceso espinoso de la séptima vértebra cervical Trocánter mayor Epicóndilos femorales y tibiales laterales Maléolo lateral y medial Talón posterior Cabeza del primer, segundo y quinto metatarsiano	Velocidad de marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.054) Rango de flexión máxima de rodilla: Sin diferencias significativas (p-Valor: 0.135) ROM desde la flexión de la posición máxima hasta la mínima flexión durante la postura terminal: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.002)
Favre, Erthart, & Andriacchi (2014)	Muslo Vástago Pie	Ángulo de flexión – extensión de rodilla: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: < 0.008) Velocidad de marcha: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: < 0.008) Longitud de zancada: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: < 0.008)
Kirkwood, et al. (2011)	Punto más alto de las crestas iliacas Trocánter mayor bilateral Epicóndilo lateral y medial del fémur Maléolos laterales y mediales Calcáneo Cabeza el primer y quinto metatarso Espinas iliacas posteriores en la base del sacro	Velocidad de marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.000) Longitud de zancada: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.05) Desplazamiento angular de la articulación de la rodilla en planos frontal y sagital: Disminuido en artrosis de rodilla (No posee p-Valor) Tiempo de apoyo: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.000)

	Tercios distales del muslo y la pierna	Tiempo de oscilación: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.001)
Na, Piva, & Buchana (2018)	Pelvis	Flexión de rodilla durante la aceptación del peso: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.18 y 0.07)
	Fémur lateral	Extensión de rodilla durante la mitad de la postura: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.03 y 0.01) Aducción de rodilla durante postura: Aumentada en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.04 y 0.01)
	Tibia lateral	
	Superficie dorsal del pie	

Según Asay, Erhart, & Andriacchi (2018) en su estudio de seguimiento por 5 años, lograron identificar que los individuos con artrosis de rodilla al ejecutar el patrón de marcha no presentaron diferencias significativas relacionadas con la velocidad de la marcha a lo largo del seguimiento realizado, esto debido a que tanto en la línea base como al cabo de los 5 años de seguimiento la velocidad fue de 1.29 m/s , por lo tanto para estos autores la velocidad no sería una variable dependiente de la gravedad o nivel de progresión de la artrosis de rodilla.

Por otro lado, Kudo, y otros (2020) en su estudio evidenciaron que los participantes con artrosis grave de rodilla, no presentaron cambios significativos en la velocidad de la marcha a pesar de la gravedad de su enfermedad. Así mismo, los sujetos con artrosis presentan un ángulo femorotibial significativamente mayor al evidenciarse un valor de 183.5 °, ubicándose por encima de aquellos participantes con artrosis temprana y moderada, los cuales presentaron un ángulo de 178,4° y 179, 3° respectivamente. De la misma manera, Kudo, y otros (2020) a través de su estudio lograron identificar que el ángulo de flexión de rodilla se correlacionó negativamente con el ángulo femorotibial estático y el ángulo de aducción de rodilla, especialmente en aquellos participantes con presencia de dolor elevado ($p < 0.05$), evidenciando a su vez una correlación positiva entre el ángulo femorotibial y el pico del ángulo de aducción de rodilla en el grupo de participantes con presencia de bajo dolor ($p > 0.05$).

De acuerdo con Sparkes, y otros (2019) al ejecutar el patrón de marcha normal, los individuos con artrosis de rodilla no presentaron diferencias significativas en el rango de movimiento de la articulación de la cadera, rodilla, tobillo y tronco del lado de la extremidad afectada en comparación con sujetos sanos. A su vez, en su estudio Sparkes, y otros (2019) evidenciaron diferencias no significativas entre el grupo con artrosis y el grupo sin esta patología en relación con la velocidad de la marcha, ancho/longitud de zancada, longitud de paso tiempo de paso, zancadas por minuto, tiempo de oscilación, tiempo de ciclo, duración del paso y tiempo de posición.

Por su parte Bedran, Alves, & Noce (2013) gracias al desarrollo de su estudio, identificaron que los individuos con artrosis de rodilla severa presentan una mayor inclinación lateral de tronco hacia la extremidad inferior afectada por esta patología durante la ejecución del patrón de marcha. Además, Bedran, Alves, & Noce (2013) identificaron que los individuos con artrosis de rodilla presentan un menor ángulo de progresión del dedo del pie de la extremidad afectada con esta patología, especialmente durante la ejecución de las fases de oscilación temprana y media. Sin embargo, se encontró que en pacientes con esta condición se salud se presentaba una consecuente disminución de la velocidad de la marcha como estrategia para reducir la carga en la articulación de la rodilla y disminuir la presencia de dolor, al identificar una velocidad de 0.89 m/s en comparación con el grupo asintomático el cual presentó una velocidad de la marcha de 1.06 m/s.

De la misma forma, Jones, Stanish, & Rutherford (2018) encontraron diferencias en la velocidad de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla en comparación con sujetos asintomáticos, los cuales poseían una velocidad mayor al evidenciar un resultado de 1,11 m/s en sujetos con artrosis de rodilla moderada y 1,17 m/s en sujetos asintomáticos. Así mismo, Jones,

Stanish, & Rutherford (2018) identificaron una disminución del rango de movimiento en la rodilla desde la posición máxima de flexión hasta la posición mínima de flexión al ejecutar la fase de postura terminal al obtener un valor de $9,8^{\circ}$ en sujetos con artrosis de rodilla, sin embargo, no se encontraron cambios significativos entre ambos grupos en el rango de movimiento máximo de flexión de rodilla al ejecutar la fase de contacto inicial, obteniendo un valor de $13,9$ grados en sujetos con artrosis.

Por otro lado, Favre, Erthart, & Andriacchi (2014) evidenciaron en su estudio algunas diferencias durante la ejecución del patrón de marcha en sujetos con artrosis de rodilla, en primer lugar durante la fase de apoyo de talón y fase de postura terminal, la rodilla presentó una extensión menor en los individuos con artrosis de rodilla severa con un resultado de 7.0° en comparación con los participantes asintomáticos jóvenes, asintomáticos de edad avanzada y aquellos con artrosis de rodilla moderada, los cuales presentaron valores de -1.7° , $2,4^{\circ}$ y $2,6^{\circ}$ respectivamente. En cuanto a las variables espacio-temporales, Favre, Erthart, & Andriacchi (2014) identificaron que la velocidad de la marcha se redujo en aquellos individuos con artrosis de rodilla asociado a una longitud de zancada mas corta en estos participantes, obteniendo una velocidad de marcha correspondiente a $1,25$ m/s en sujetos con artrosis moderada y de $1,19$ m/s en aquellos con artrosis severa.

De igual manera, Kirkwood, y otros (2011) proponen en su estudio que aquellos participantes diagnosticados con artrosis de rodilla presentan una longitud de zancada más corta, junto con una velocidad de marcha disminuida, permaneciendo más tiempo durante la fase de soporte y oscilación al ejecutar el patrón de la marcha, a diferencia del grupo asintomático ($P < 0.05$). Así mismo, Kirkwood, y otros (2011) evidenciaron que entre las fases de soporte medio y oscilación media, los individuos con artrosis de rodilla presentaron valores angulares menores y a su vez, el

grupo de individuos con artrosis de rodilla presentó una pérdida de la extensión de rodilla al ejecutar la fase final de apoyo y una disminución de la flexión de rodilla durante la fase de oscilación, encontrando por ende un rango de movimiento articular de rodilla en plano sagital durante toda la ejecución del patrón de marcha de $51,9^{\circ}$ en sujetos con artrosis a diferencia de sujetos asintomáticos, los cuales obtuvieron un valor de $55,8^{\circ}$.

Finalmente, Na, Piva, & Buchanan (2018) encontraron que las características de la marcha de sujetos con artrosis pueden verse alteradas por su limitación para caminar de manera autoinformada, es por esto que es común evidenciar en estos pacientes una diferencia significativa en el rango de extensión de rodilla en comparación con sujetos sanos, los cuales presentaron un resultado de $10,3^{\circ}$ a comparación de $6,8^{\circ}$ y $7,7^{\circ}$ obtenidos en pacientes con artrosis con y sin limitación para caminar de manera autoinformada. Por lo tanto, Na, Piva, & Buchanan (2018) al ver que el rango de extensión es mayor en sujetos sanos, pueden concluir que esto es generado debido a que a causa de la presencia de artrosis de rodilla el rango de movimiento en la articulación se limita posiblemente por presencia de rigidez articular.

Por otro lado, Na, Piva, & Buchanan (2018) con respecto al rango de aducción, al comparar sujetos con artrosis de rodilla con y sin limitación en la ejecución del patrón de la marcha de manera autoinformada, identificaron un ángulo mayor en sujetos con artrosis que reportaron limitación en marcha autoinformada ($3,9^{\circ}$ de aducción), seguida de aquellos sin limitaciones ($3,5^{\circ}$ de aducción) y del grupo de control en los cuales era más pequeño ($2,5^{\circ}$ de aducción). De igual manera, Na, Piva, & Buchanan (2018) en relación al rango de flexión de rodilla, encontraron resultados mayores para sujetos sanos con un resultado de $9,4^{\circ}$, seguido de pacientes con artrosis sin limitaciones de marcha autoinformada con un resultado de $8,5^{\circ}$ y finalmente sujetos con artrosis que si reportaron limitación con un resultado de $8,0^{\circ}$.

Eagle Digital Real Time

Tabla 12

Características de los estudios basados en el Sistema Eagle Digital Real Time

Autores	Ubicación de Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Chang, y otros (2013)	Apófisis del acromion Epicóndilo humeral lateral Apófisis estiloides del radio y cúbito Espina iliaca anterosuperior Cara superior del sacro en interfaz L5 Inferior del muslo Cóndilo femoral lateral Inferior de la pierna Maléolo lateral Calcáneo posterior Entre el segundo y tercer metatarsiano	Empuje de varo: Relacionado con la velocidad angular y ángulo de rodilla en varo Velocidad angular: Aumentada en sujetos con empuje de varo Ángulo de rodilla en varo: Aumentado en sujetos con empuje de varo
Chang, y otros (2015)	Apófisis del acromion Epicóndilo humeral lateral Apófisis estiloides del radio y cúbito Espina iliaca anterosuperior Cara superior del sacro en interfaz L5 Inferior del muslo Cóndilo femoral lateral Inferior de la pierna Maléolo lateral Calcáneo posterior Entre el segundo y tercer metatarsiano	Velocidad de marcha: Alterada en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.002) Alineación de rodilla en varo: Aumentada en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.002) Progreso de daño del cartílago: Se correlaciona (p-Valor: 0.002)

De acuerdo con Chang y otros (2015) en individuos con artrosis de rodilla, es notable que la progresión de la enfermedad en el daño del cartílago articular genera un aumento de la alineación de rodilla en varo, así mismo, en relación con la velocidad de la marcha, esta suele presentar alteraciones debido a la progresión de la artrosis de rodilla en el individuo (p-Valor: 0.002).

Por otro lado, Chang, y otros (2013) proponen que en individuos con artrosis de rodilla el patrón de marcha presenta algunas variaciones especialmente respecto al ángulo de la rodilla en el plano frontal y en la velocidad angular, las cuales se modifican durante el primer 60% del

ciclo de la marcha en las primeras fases de su ejecución, siendo más evidente en sujetos con presencia de empuje de varo a nivel de sus rodillas a causa de su patología de base.

Es por esto que, Chang y otros (2013) lograron identificar que la velocidad angular del varo de rodilla es mayor en comparación con aquellos individuos que no poseen empuje de varo en esta zona, al obtener un resultado de $32.23^\circ/\text{s}$ para aquellos que poseen esta característica y de $25.57^\circ/\text{s}$ para aquellos que no la poseen. Así mismo, el ángulo máximo del varo de rodilla dio inicio al ejecutar al patrón de marcha durante las fases medias de ejecución, manteniéndose de esta manera en el desarrollo de todas las fases de postura media, para posteriormente en las fases finales volver a alinearse al nivel de la línea base. Por esta razón, Chang y otros (2013) concluyen que el ángulo de varo de rodilla y la velocidad angular presentan un aumento en las rodillas de sujetos con empuje de varo, en comparación con aquellos individuos que no presentan esta característica, especialmente al obtener valores de ángulo de varo de rodilla durante la postura temprana de 1.55° , 2.27° en fase de postura media y de 2.03° en fase de postura terminal, a comparación de los sujetos sin empuje de rodilla en varo, los cuales obtuvieron resultados de 0.53° , 1.10° y 1.28° respectivamente.

Vicon Motion System

Tabla 13

Características de los estudios basados en el Sistema Vicon Motion System

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Fflur, Rowe, & Biant (2018)	Bilateral pelvis Bilateral muslos Bilateral vástagos Bilateral pies Espina iliaca anterior superior Espina iliaca posterior superior Trocánter mayor	Trayectoria del centro de masa: Sin alteraciones en artrosis de rodilla (p-Valor: < 0.001)

	Epicóndilo lateral Epicóndilo medial Maléolo lateral Maléolo medial Talón Primer metatarsiano Quinto metatarsiano	
Naili, Broström, Clausen, & Holsgaard (2019)	Espina iliaca superior anterior derecha e izquierda Base del sacro Espina iliaca superior posterior Epicóndilo lateral Epicóndilo medial Vástago Cabeza del quinto metatarsiano Entre la cabeza del segundo y tercer metatarsiano Articulación esternoclavicular Séptima vértebra cervical	Velocidad de la marcha: Sin diferencias significativas (p-Valor: <0.001)
Mahmoudian, y otros (2016)	Segmentos corporales relevantes	Velocidad de la marcha: Sin diferencias significativas (p-Valor: 0.32) Empuje varo: Aumenta en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.05)
Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016)	Espinas iliacas superiores bilaterales Trocánter superior bilateral Epicóndilos femorales laterales y mediales Epicóndilos tibiales laterales y mediales Maléolos laterales y mediales Calcáneo Base del segundo metatarsiano	Ángulo de flexión de rodilla: Se correlaciona (p-Valor: <0.001) Ángulo de aducción de rodilla: Se correlaciona y aumenta en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.001 y 0.042) Ángulo de plantiflexión de tobillo: Se correlaciona (p-Valor: <0.001) Ángulo de dorsiflexión de tobillo: Se correlaciona (p-Valor: <0.001) Empuje en varo: Aumentado en artrosis de rodilla
Sagawa, y otros (2013)	Tronco Pelvis Miembros inferiores	Rango de oblicuidad del tórax: (p-Valor: 0.001) Rango de flexión de rodilla: (p-Valor: 0.001)
Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019)	Espinas iliacas superiores anteriores y posteriores Muslos laterales Epicóndilos femorales laterales Maléolo lateral Calcáneo Base del segundo metatarsiano	Carga mecánica: Aumentada en artrosis de rodilla Ángulo de flexión de rodilla: Sin diferencias significativas en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.926, 0.797, 0.846 y 0.541) Ángulo de extensión de rodilla: Sin diferencias significativas en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.926, 0.797, 0.846 y 0.541) Ángulo de aducción de rodilla: Sin diferencias significativas en artrosis de

		rodilla (p-Valor: 0.507, 0.509, 0.692, 0.281) Ángulo de rotación interna de rodilla: Sin diferencias significativas en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.900, 0.986, 0.676 y 0.687) Ángulo de rotación externa de rodilla: Sin diferencias significativas en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.900, 0.986, 0.676 y 0.687)
Krauss, y otros (2012)	Centro de la articulación de la cadera Centro articular de la rodilla Centro de la articulación del tobillo superior Espina iliaca anterior derecha Espina iliaca anterior izquierda Espina iliaca medial Espina iliaca posterior Sacro Trocánter mayor Muslo Epicóndilo medial Epicóndilo lateral Tuberosidad tibial Cabeza del peroné Aspecto distal del peroné Aspecto anterior de la tibia Maléolo medial Maléolo lateral	Movimiento de rodilla: Aumentado en sujetos sanos (p-Valor: 0.10 y 0.16) Ángulo máximo de flexión inicial de rodilla: Aumentado en sujetos sanos (p-Valor: 0.04 y 0.02) Ángulo de flexión inicial de rodilla: Aumentado en sujetos sanos (p-Valor: 0.17 y 0.04) Ángulo de rotación externa de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.02 y 0.22)
Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019)	Espinas iliacas superiores anteriores y posteriores Muslos laterales Epicóndilos femorales laterales Vástagos laterales Maléolos laterales Calcáneo Base del segundo metatarsiano	Ángulo de aducción de cadera: Aumentado en artrosis de rodilla Ángulo abducción de cadera: Aumenta y disminuye según la fase de la marcha en artrosis de rodilla Alineación de rodilla en varo: Aumentado en artrosis de rodilla Ángulo de inversión del tobillo: Sin diferencias significativas Ángulo de eversion del tobillo: Sin diferencias significativas
Levinger, y otros (2011)	Cóndilo femoral Tuberosidad tibial Cabeza tibial Maléolo lateral Maléolo medial Aspectos anteriores de la espinilla Aspecto distal posterior del talón Aspecto medial posterior del talón Calcáneo lateral Articulación subastragalina	Velocidad de la marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: >0.05)

	Calcáneo posterior alineado con orientación transversal Base del primer metatarsiano Base del quinto metatarsiano Cabeza del primer metatarsiano Cabeza del quinto metatarsiano Entre la segunda y tercer cabeza metatarsales Base del hallux	
Fukaya, Nakano, (2018)	Mutsuzaki, & Mori Espinas iliacas superiores anteriores y posteriores Muslos laterales Epicóndilos femorales laterales Vástagos laterales Maléolos laterales Calcáneo Base del segundo metatarsiano	Ángulo de flexión y extensión de rodilla: Disminuido en artrosis grave de rodilla (p-Valor: <0.01 y 0.011) Ángulo de aducción de rodilla: Disminuido en artrosis grave de rodilla (p-Valor: 0.249, 0.593, <0.01 y 0.093)
Duffell, Cobb, (2017)	Jordan, & McGregor Pelvis Extremidades inferiores Muslo izquierdo y derecho Pantorrilla	Velocidad de la marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.001) Longitud de zancada: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.05) Ángulo de aducción de cadera: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.001) Ángulo de aducción de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.05 y <0.04)
Nishino, (2015)	y otros Trocánter mayor Epicóndilos femorales mediales y laterales Alrededor del eje femoral Cóndilos tibiales medios y laterales Maléolo medial y lateral Cabeza del peroné Tuberosidad tibial Alrededor del eje tibial	Ángulo de flexión de rodilla: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.011) Ángulo de aducción de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.000)
Creaby, Hinman, (2013)	Hunt, & Bennell Espinas iliacas superiores anteriores y posteriores Muslos laterales Epicóndilos femorales laterales Vástagos laterales Maléolos laterales Calcáneo Base del segundo metatarsiano	Velocidad de la marcha: Alteraciones en artrosis de rodilla
Ko, Ling, Nesbitt, (2011)	Schreiber, & Ferrucci Espinas iliacas superiores anteriores y posteriores Rodillas mediales y laterales Tobillos mediales y laterales Segunda cabeza metatarsal Talón Fémur medio	Velocidad de la marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.153) Ángulo de movimiento del tobillo en plano sagital: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.003 y 0.002)

	Tibia medial	
Naili, y otros (2017)	Espina iliaca superior anterior derecha e izquierda Base del sacro Espina iliaca superior posterior Epicóndilo lateral Epicóndilo medial Vástago Cabeza del quinto metatarsiano Entre la cabeza del segundo y tercer metatarsiano Articulación esternoclavicular Séptima vértebra cervical	Velocidad de marcha: Sin diferencias significativas Inclinación de tronco hacia lateral: Aumentada en artrosis de rodilla Inclinación de tronco hacia anterior: Aumentada en artrosis de rodilla Ángulo de rotación de cadera: Disminuido en artrosis de rodilla Ángulo de rotación de rodilla: Disminuido en artrosis de rodilla Ángulo de rotación de tobillo: Disminuido en artrosis de rodilla
Park, Kobsar, & Ferber (2016)	Cabezas metatarsales primera y quinta Maléolo medial y lateral Cóndilos femorales mediales y laterales Trocánter mayor Espina iliaca superior anterior Pélvis Muslo Vástago Sacro Talón	Pico del ángulo de aducción de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.013) Pico del ángulo de aducción en cadera: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.085)
Richards, Andersen, Harlaar, & Van den Noort (2018)	Cabeza metatarsal primera, segunda, quinta Calcáneo Maléolo medial y lateral Tuberosidad tibial Cabeza del peroné Epicóndilos mediales y laterales Iliaco superior anterior y posterior Ombiligo Proceso cifoide Yugular Séptima vértebra cervical Decima vértebra torácica	Ángulo de flexión de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla
Hafer, y otros (2020)	Espinas iliacas superiores anteriores y posteriores Trocánteres mayores bilaterales Cabezas del primer y quinto metatarsiano Maléolo medial y lateral de rodilla Talón	Velocidad de la marcha: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.414) Longitud de zancada: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.110) Rango de movimiento de la rodilla: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.991)

En primer lugar, Fflur, Rowe, & Biant (2018) evidenciaron en su estudio que, al ejecutar el patrón de marcha, los sujetos con artrosis de rodilla presentan mayor probabilidad de tener variaciones al desarrollar algunas fases con respecto a otras que se mantendrían dentro del rango normal, sin embargo, esto no influye en la capacidad que tiene el individuo para mantener control sobre su centro de masa corporal al caminar tanto en plano sagital como en plano frontal ($p < 0.001$).

Por otro lado, Naili, Brostrôm, Clausen, & Holsgaard (2019) en relación con la velocidad de la marcha, identificaron para sujetos con artrosis de rodilla leve un valor de 1.2 m/s y para aquellos con artrosis moderada un valor de 1.1 m/s, evidenciando con esto que no hay diferencias significativas entre ambos grupos respecto a esta variable.

Por su parte, Mahmoudian, y otros (2016) en relación con la velocidad de la marcha, no obtuvieron diferencias significativas entre el grupo de control, grupo con artrosis temprana y grupo con artrosis establecida ($p 0.32$). A su vez, en relación con el empuje varo, se obtuvo valores de 1.41° para el grupo de control, 2.58° para el grupo con artrosis temprana y 3.26° para el grupo con artrosis establecida, con lo cual es evidente que los sujetos con artrosis de rodilla temprana y establecida presentaron un empuje de varo mayor comparado con individuos asintomáticos ($p < 0.05$), sin encontrar diferencias significativas entre los dos grupos con artrosis de rodilla ($p -0.197$).

De manera similar, Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016) encontraron varias correlaciones al ejecutar el patrón de marcha en pacientes con artrosis de rodilla. En primer lugar, evidenciaron una correlación moderada significativa entre el ángulo de flexión de rodilla, el ángulo de aducción de rodilla durante la fase de respuesta a la carga y el ángulo de dorsiflexión y plantiflexión del tobillo en el grupo con artrosis, a comparación del grupo control

asintomático ($p < 0.01$). A su vez, Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016) evidenciaron que durante el movimiento de la articulación de la rodilla en individuos con artrosis, se observó un ángulo de aducción de esta articulación aumentado ($p 0.042$) en conjunto con un aumento del empuje de varo. Por esta razón, para Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016) es evidente que la presencia de artrosis disminuye el ángulo de flexión de rodilla ($p < 0.01$).

De acuerdo con Sagawa, y otros (2013) los sujetos con artrosis de rodilla presentan un aumento en el ángulo de oblicuidad del tórax al ejecutar el patrón de marcha en comparación con sujetos sanos, al obtener un valor medio de 3.31° en participantes afectados ($p 0.001$). Así mismo, identificaron que el rango de flexión de rodilla, en comparación con el grupo de control, disminuía y es significativamente inferior al rango normal, al obtener un valor medio de 43.28° en sujetos con artrosis ($p 0.001$).

A diferencia de los autores anteriormente mencionados, Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019) afirman que las alteraciones evidenciadas en el patrón de la marcha, no sólo están determinadas por el nivel de gravedad de la artrosis de rodilla, sino que también dependen del dolor percibido por parte del individuo. En su estudio Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019) pudieron observar en relación con el ángulo de movimiento de la articulación de rodilla que no hay diferencias significativas en los movimientos de flexión y extensión al ejecutar la fases de contacto inicial ($p 0.926$), respuesta a la carga ($p 0.797$), postura media ($p 0.846$) y postura terminal ($p 0.541$) entre los dos grupos de estudio: sujetos con dolor fuerte en rodilla y sujetos con dolor leve en rodilla. Así mismo, no hay diferencias en relación al movimiento de aducción al ejecutar las mismas fases de la marcha obteniendo $p 0.507$, $p 0.509$, $p 0.692$ y $p 0.281$ en cada una respectivamente,

al igual que la rotación externa e interna de rodilla obteniendo p 0.900, p 0.986, p 0.676 y p 0.687 en cada fase de la marcha anteriormente mencionada.

Por otra parte, Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019) identificaron que aquellos pacientes con diagnóstico de artrosis de rodilla que presentaban dolor fuerte, poseían a su vez una mayor carga en la articulación, la cual se encargaba de exacerbar el dolor y de disminuir la función articular de la rodilla.

Por otro lado, Krauss, y otros (2012) al analizar la ejecución del patrón de marcha en sujetos sanos y sujetos con artrosis de rodilla, identificaron un aumento en el movimiento de la rodilla en la fase de postura media en sujetos sanos al obtener un valor promedio de diferencia entre 2.4° (p 0.10) - 1.6° (p 0.16) entre ambos grupos de estudio. Así mismo, se observó un aumento en el ángulo máximo de flexión inicial de rodilla en el grupo saludable, encontrando una diferencia entre 6.0° (p 0.04) - 6.6° (p 0.02) entre ambos grupos. De la misma manera, el ángulo de flexión inicial de rodilla fue mayor en el grupo de participantes sanos al encontrar una diferencia entre 3.7° (p 0.17) - 5.0° (p 0.04) entre ambos grupos de estudio.

Cabe resaltar que Krauss, y otros (2012) también encontraron un ángulo de rotación externa de rodilla significativamente más grande en sujetos con artrosis, encontrando una diferencia entre 4.1° (p 0.02) - 1.1° (p 0.22) entre ambos grupos de estudio al ejecutar el patrón de marcha.

Consecutivamente, Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019) observaron en primer lugar un aumento del ángulo de abducción de cadera en sujetos con artrosis de rodilla establecida junto con un aumento del varo en rodilla durante la fase de contacto inicial, el cual aumentaba al ejecutar la fase de respuesta a la carga. A su vez, al ejecutar la fase de postura media, los sujetos con artrosis presentaron una disminución del ángulo de aducción de cadera en conjunto con una

posición en varo de rodilla. Finalmente, al ejecutar la fase de postura terminal, se observó una mínima abducción a nivel de la cadera, manteniendo la articulación de la rodilla en posición de varo significativa al pasar a la ejecución de la fase de balanceo inicial, sin encontrar diferencias significativas en el ángulo de inversión y eversión del pie.

Levinger, y otros (2011) en su estudio basado en la relación entre los mediadores proinflamatorios y la marcha en pacientes con artrosis de rodilla, identificaron que algunos aspectos fisiopatológicos pueden ocasionar alteraciones en el patrón de la marcha, como lo es la reducción de la velocidad al obtener un valor promedio de 1.13 m/s ($p > 0.05$) y un deterioro de la función de la rodilla especialmente por presencia de rigidez y aumento del dolor.

Por otra parte, Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) encontraron en su investigación que el rango de movimiento articular de flexión y extensión de la rodilla en el plano sagital en sujetos con artrosis grave, fue menor que aquellos con diagnóstico de artrosis temprana al ejecutar la fase de postura inicial, ya que en los pacientes afectados con gravedad por esta patología se obtuvo un valor de 6.55° en la fase de postura temprana ($p < 0.01$), 5.39° en la fase de postura media ($p < 0.01$), 3.74° en la fase de postura terminal ($p = 0.011$) y 48.36° en la fase previa al balanceo ($p < 0.01$) a comparación de los sujetos con artrosis temprana, los cuales obtuvieron valores de 10.24° , 9.20° , 6.07° y 65.06° respectivamente en cada fase. Sin embargo, , Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) resaltan que la suavidad del movimiento no varía según la gravedad de la artrosis, manteniendo la misma suavidad de movimiento los sujetos con artrosis temprana y grave específicamente al ejecutar el patrón de marcha entre la fase de postura temprana y la fase de postura media.

De igual manera, en relación con el rango de movimiento articular en el plano frontal al ejecutar movimiento de aducción, se obtuvo para el grupo con artrosis temprana un valor de

2.93° en la fase de postura temprana (p 0.249), 4.36° en la fase de postura media (p 0.593), 2.4° en la fase de postura terminal (p <0.01) y 16.89° en la fase previa al balanceo (p 0.093). En comparación con el grupo de artrosis grave, el cual presenta valores de 3.76°, 3.86°, 1.49° y 7.33° respectivamente, con lo cual, Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) concluyen que en el plano frontal los sujetos con artrosis grave poseen un ángulo de movimiento menor en comparación con el grupo con artrosis temprana.

Según Duffell, Jordan, Cobb, & McGregor (2017) los sujetos con artrosis de rodilla presentan una velocidad de la marcha (p <0.001) y longitud de zancada (p <0.05) disminuidas especialmente si tienen 60 años o más, esto debido a que los sujetos con artrosis mayores de 60 años obtuvieron un valor promedio de velocidad de la marcha de 1.02 m/s comparado con los sujetos sanos de la misma edad, los cuales poseen una velocidad de marcha promedio de 1.13 m/s. Así mismo, los ángulos de los movimientos de cadera (p <0.001) y rodilla (p <0.05) en el plano frontal se vieron afectados a causa de la presencia de la artrosis en su extremidad afectada, siendo estos resultados más significativos en individuos con edades de más de 60 años, como es el caso del ángulo de aducción de cadera el cual obtuvo un valor de -6.7° para estos participantes, evidenciando una disminución en comparación con los demás sujetos estudiados.

Por otro lado, Duffell, Jordan, Cobb, & McGregor (2017) evidenciaron un ángulo de aducción de rodilla aumentado en sujetos con artrosis en comparación con los participantes sanos (p <0.04).

Nishino, y otros (2015) al igual que otros autores anteriormente mencionados, identificaron que el rango de flexión de rodilla tiende a disminuirse a medida que progresa la artrosis y su gravedad, es por esto que en sujetos con artrosis grave el rango de flexión es significativamente más pequeño a comparación de sujetos sanos (p 0.011), al evidenciar un valor de 15.6° para

flexión de rodilla en sujetos sanos, 10.1° en sujetos con artrosis leve y de 5.5° en sujetos con artrosis severa. Por otro lado, en relación con el ángulo de aducción de rodilla, se obtuvo un valor de 5.7° en sujetos sanos, 3.2° en artrosis leve y de 7.8° en artrosis severa, concluyendo con esto que los sujetos con artrosis severa presentan un aumento en el ángulo de aducción de esta articulación ($p < 0.000$).

Por otro lado, Creaby, Hunt, Hinman, & Bennell (2013) en relación con la velocidad de la marcha al enfocar su estudio en sujetos con artrosis de rodilla sin compararlo con sujetos sanos, identificaron un valor promedio de 1.22 m/s. Así mismo, , Creaby, Hunt, Hinman, & Bennell (2013) proponen que el deterioro estructural en la articulación de la rodilla causado por la artrosis, genera una mayor carga mecánica al ejecutar el patrón de marcha, así mismo, la alteraciones fisiopatológicas desencadenan varios cambios en la función articular de la rodilla producto de la presencia de rigidez y dolor.

Por su parte, Ko, Ling, Schreiber, Nesbitt, & Ferrucci (2011) en su estudio hicieron el análisis de la marcha en tres diferentes situaciones: caminar habitualmente, caminar rápido, caminar habitual después de 30 minutos. Gracias a esta investigación, Ko, Ling, Schreiber, Nesbitt, & Ferrucci (2011) identificaron una velocidad de marcha más lenta en sujetos con artrosis de rodilla al caminar habitualmente en comparación con sujetos sanos ($p 0.153$), especialmente al obtener valores de 1.17 m/s en el grupo de control sano y de 1.09 m/s en sujetos con artrosis de rodilla. Así mismo, Ko, Ling, Schreiber, Nesbitt, & Ferrucci (2011) identificaron un aumento en el ángulo de movimiento del tobillo en el plano sagital en sujetos sintomáticos con artrosis de rodilla al obtener un valor de 27.29° , comparado con el grupo de control sin artrosis ($p 0.003$) con un valor de 24.00° y asintomáticos con un valor de 23.20° ($p 0.002$).

Naili, y otros (2017) observaron en su estudio un aumento en la inclinación de tronco hacia anterior y hacia lateral durante la ejecución del patrón de marcha en sujetos con artrosis de rodilla al obtener un valor de 3.5° de inclinación hacia anterior y de 6° hacia lateral. De la misma manera, fueron identificadas desviaciones cinemáticas de la extremidad afectada en los tres planos anatómicos, sin embargo, en el plano frontal fue más evidente el aumento de la abducción de la cadera y en el plano transversal se observaron menores rangos de rotación de cadera, rodilla y tobillo. Por otro lado, Naili, y otros (2017) no evidenciaron diferencias significativas en la velocidad de la marcha al obtener un valor de 1.11 m/s en sujetos con artrosis y 1.3 m/s en el grupo de control.

Por su parte Park, Kobsar, & Ferber (2016) encontraron en su estudio un pico del ángulo de aducción de rodilla significativamente diferente entre el grupo con artrosis y el grupo de control ($p 0.013$), al obtener un valor de 5.55° en artrosis de rodilla y de 2.47° en sujetos sanos, evidenciando su aumento en sujetos con artrosis. Así mismo, Park, Kobsar, & Ferber (2016) encontraron una diferencia en relación al rango pico de aducción de cadera, obteniendo un valor de 7.10° en sujetos con artrosis y de 8.59° en sujetos sanos, identificando una disminución de este en artrosis de rodilla ($p 0.085$).

De igual forma, Richards, Andersen, Harlaar, & Van den Noort (2018) al evaluar la marcha en tres condiciones diferentes, lograron identificar que al ejecutar el patrón de marcha normal en sujetos con artrosis de rodilla, era evidente un aumento de la flexión de rodilla a manera de compensación.

Finalmente, Hafer, y otros (2020) identificaron que los adultos jóvenes y mayores asintomáticos poseen una velocidad de la marcha mayor que aquellos adultos con diagnóstico de artrosis de rodilla ($p 0.414$), especialmente al obtener valores de 1.40 m/s en jóvenes

asintomáticos, 1.35 m/s en mayores asintomáticos y de 1.21 m/s en sujetos adultos con artrosis.

Así mismo con respecto a la longitud de zancada, obtuvieron valores de 1.45 m para jóvenes asintomáticos, 1.47 m para asintomáticos adultos y de 1.33 m para adultos con artrosis de rodilla, identificando con esto una longitud de zancada disminuida en el grupo de participantes afectados por la patología (p 0.110).

Por otro lado, Hafer, y otros (2020) en relación con el rango de movimiento de la rodilla obtuvieron valores de 64.8° en jóvenes asintomáticos, 65.3° en mayores asintomáticos y de 60.4° en adultos con artrosis de rodilla, concluyendo con esto que el grupo de participantes asintomáticos tanto jóvenes como adultos poseían un mayor rango de movimiento en rodilla que el grupo de adultos con artrosis en esta articulación (p 0.991).

Motion Capture System

Tabla 14

Características de los estudios basados en el Sistema Motion Capture System

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Pinto, y otros (2020)	Proceso acromial Espina iliaca anterior superior Trocánter mayor Línea de la articulación de la rodilla (posterior al cóndilo femoral lateral) Maléolo lateral Dorso del pie entre el segundo y tercer metatarsiano Sacro Muslo Vástago	Velocidad de la marcha: Disminuido en artrosis de rodilla Ángulo de varo de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla (p- Valor: <0.05) Ángulo de flexión de rodilla: No hay diferencias significativas Ángulo de extensión de rodilla: No hay diferencias significativas
Vanwanseele, y otros (2010)	Antepié Retropié Vástago Muslo Pelvis Tronco	Velocidad de marcha: Sin alteraciones (p- Valor: 0.408)

En primer lugar, Pinto, y otros (2020) evidenciaron en sujetos con artrosis de rodilla diferentes variaciones relacionadas con la ejecución del patrón de marcha, principalmente observaron en relación a la velocidad de la marcha una disminución al obtener un valor de 1.05 m/s comparado con sujetos sanos, los cuales obtuvieron valores de 1.14 m/s. Por otro lado, los rangos de movimientos en la articulación de la rodilla, en la ejecución de movimientos de flexión y extensión no tuvieron diferencias significativas frente a sujetos sanos. Sin embargo, el ángulo de rodilla en varo al estar directamente relacionado con el grado de progresión de la artrosis y la carga generada en la articulación, si presentó un aumento en sujetos con artrosis ($p < 0.05$).

Por su parte, Vanwanseele, y otros (2010) encontraron que algunos aspectos fisiopatológicos de la artrosis de rodilla pueden llegar a influir en las características de la cinemática de la marcha del individuo, esto debido a que muchos de estos sujetos poseen un desgarró ubicado en la zona medial, lateral o en ambos lugares a causa de esta patología, sin embargo Vanwanseele, y otros (2010) evidenciaron que la ubicación de este desgarró no poseía ningún efecto significativo en la velocidad de la marcha ($p = 0.408$).

Opti Knee

Tabla 15

Características de los estudios basados en el Sistema Opti Knee

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Zeng, y otros (2017)	Mitad del muslo Mitad de la pantorrilla	Rango de flexión de rodilla: Disminuye en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.001) Flexión máxima de rodilla: Presenta variaciones en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.001) Ángulo de rodilla en varo: Disminuido en artrosis de rodilla ($p < 0.001$)

	Rango de movimiento de rotación de rodilla: Disminuido en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.05)
	Rango de aducción de rodilla: Aumentado en artrosis de rodilla (p-Valor: <0.001)
	Rotación femoral interna: Presenta variaciones en artrosis de rodilla (p-Valor <0.001, <0.01, <0.05)

Zeng, y otros (2017) lograron identificar a través de su estudio que el rango de movimiento disminuye durante la ejecución del patrón de marcha dependiendo del grado de artrosis de rodilla que tenían los participantes, evidenciando un valor de 56.6° en sujetos asintomáticos, 48.7 ° en sujetos con artrosis temprana, 42,21° en artrosis moderada y 30.0 ° en artrosis grave. Por lo tanto, es notable una mayor disminución del rango de flexión de rodilla en sujetos con artrosis de rodilla grave en comparación con aquellos que poseían una artrosis temprana y moderada, con lo cual Zeng, y otros (2017) afirman que el rango de movimiento es una variable dependiente de la gravedad de la artrosis de rodilla.

Por otro lado, Zeng, y otros (2017) también identificaron que durante la ejecución de la fase de oscilación, el rango de flexión máxima de rodilla en los individuos con diagnóstico de artrosis en esta articulación, fue menor en comparación con el grupo de control asintomático en la fase de oscilación ($p < 0.001$), al obtener un rango de 46.9° en participantes asintomáticos, 44.1° en artrosis temprana, 40.0° en artrosis moderada y 35.1° en artrosis grave. Sin embargo, encontraron que este ángulo de flexión máxima de rodilla aumentaba en sujetos con artrosis durante la fase de apoyo de talón y a la mitad de la fase de postura comparado con asintomáticos ($p < 0.001$).

De igual manera, en relación con el ángulo en varo de rodilla, se observó una disminución en sujetos con artrosis de rodilla al obtener un valor de 5.4° en artrosis grave en comparación de sujetos sanos con un valor de 9.0° ($p < 0.001$). Así mismo, el rango de movimiento de rotación de

rodilla pasó de 11.0° en sujetos asintomáticos a 9.1° en artrosis temprana, 9.1° en artrosis moderada y 8.3° en artrosis grave, identificando con esto una disminución en los participantes con diagnóstico de artrosis ($p < 0.05$).

Finalmente, Zeng, y otros (2017) identificaron en su estudio que el rango de aducción de rodilla al ejecutar la fase de apoyo de talón y a la mitad de la fase de postura y fase de oscilación, fue mayor en individuos con artrosis moderada y severa en comparación con los participantes asintomáticos ($p < 0.001$). De igual manera, el rango de rotación interna femoral es más evidente en sujetos con artrosis severa durante la ejecución de las fases de contacto inicial ($p < 0.001$) y a la mitad de la fase de postura ($p < 0.01$), identificando una rotación máxima durante la fase de oscilación ($p < 0.05$).

Optotrak 3020

Tabla 16

Características de los estudios basados en el Sistema Optotrak 3020

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010)	Primeras cabezas metatarsales Quinta cabeza metatarsal Maléolo medial y lateral Epicóndilo medio y lateral de la rodilla Trocánteres mayores Puntos de la pelvis directamente verticales los trocánteres mayores de nivel de la cresta iliaca bilateralmente Procesos de acromion de las escapulas Vástago lateral Muslo lateral Sacro Procesos espinosos de la 7ma vértebra torácica	Velocidad de la marcha: Disminuida en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.006) Longitud de zancada: Sin variaciones significativas (p-Valor: >0.05) Inclinación pélvica: Sin resultados significativos (p-Valor: 0.26, 0-46, 0.41y 0.09) Inclinación Torácica: Sin resultados significativos (p-Valor: 0.84, 0.92, 0.88)

Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010) en su estudio al comparar sujetos sanos con individuos con diagnóstico de artrosis de rodilla, identificaron diferencias significativas en la velocidad de la marcha siendo mayor en sujetos sanos ($p = 0.006$), obteniendo resultados de 1.00 m/s en el grupo con artrosis y de 1.12 m/s en el grupo de control. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la longitud de zancada entre ambos grupos ($p > 0.05$).

Por otro lado, Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010) identificaron variaciones en la inclinación pélvica en sujetos con artrosis de rodilla, al obtener resultados de 0.3° entre el 20% y 80% de la fase de postura, 1.9° en el primer pico de la fase, 0.5° en la mitad de la fase de postura y 1.9° en el segundo pico de esta fase, esto comparado con sujetos sanos obteniendo valores de 0.6° ($p = 0.26$), 2.6° ($p = 0.46$), 0.5° ($p = 0.41$) y 0.4° ($p = 0.09$) respectivamente.

De igual manera, en relación con la inclinación torácica, Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010) obtuvieron para participantes sanos valores de 0.7° durante el 20% y 80% de la fase de postura, 1.9° en el primer pico de la fase y 0.8° en la mitad de la fase de postura, comparado con sujetos con artrosis los cuales obtuvieron valores de 0.7° ($p = 0.84$), 1.9° ($p = 0.92$) y 0.9° ($p = 0.88$) respectivamente.

Por esta razón, Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010) concluyen que no hay diferencias significativas para la inclinación pélvica y torácica entre sujetos sanos e individuos con artrosis de rodilla.

H-Gait System

Tabla 17

Características de los estudios basados en el Sistema H-Gait System

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016)	Cresta iliaca posterior Columna iliaca anterior superior Trocánter mayor Centro de la articulación de la cadera Centro de la articulación de la rodilla Cóndilo lateral de la tibia Cóndilo medial de la tibia Centro de la articulación del tobillo Cóndilo lateral del tobillo Cóndilo medial del tobillo	Longitud de paso: Aumenta en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.346 y 0.324) Flexión máxima de la rodilla en la fase de balanceo: Sin diferencias significativas (p-Valor: 0.142 y 0.519) Flexión máxima de la rodilla en la fase de postura: Sin diferencias significativas (p-Valor: 0.416 y 0.897) Ángulo de abducción del tobillo en la fase de apoyo: Aumenta en artrosis de rodilla (p-Valor: 0.143 y 0.001) Ciclo de marcha: Disminuye en artrosis de rodilla

Según Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016) los sujetos con artrosis de rodilla presentaron una ejecución del patrón de marcha manteniendo sus miembros inferiores con una alineación más obtusa que la de sujetos sanos, los cuales poseían ángulos más paralelos y simétricos, sin embargo, se evidencia que este es menor en el tobillo y es más notable en la articulación de la rodilla. Así mismo, el ciclo de marcha fue más corto en artrosis, lo cual posiblemente indique que estos participantes disminuyen el uso de la extremidad dolorosa afectada por la presencia de esta patología el ejecutar el patrón de marcha.

Por otro lado, Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016) encontraron que los cambios durante la ejecución del patrón de marcha también se relacionan con el grado de progresión de la artrosis y su nivel de afectación en el individuo, es por esto que el ángulo de abducción del tobillo en la fase de apoyo varió significativamente entre sujetos con artrosis leve y artrosis severa, al obtener valores de 9.3° (p 0.143) y de 14.6° (p 0.001) respectivamente, concluyendo que aumenta conforme progresa la patología.

Así mismo, con respecto a la longitud de paso, Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016) obtuvieron un valor promedio de 46.8 cm en sujetos sanos, un promedio de

52.7 cm en el grupo con artrosis leve (p 0.346) y un promedio de 54.0 cm en participantes con artrosis grave (p 0.324), con lo cual concluyen que a medida que progresa la artrosis, la longitud de paso aumenta según la gravedad de la misma durante la ejecución del patrón de marcha.

Finalmente, en relación con el rango máximo de flexión de rodilla, Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016) durante la ejecución de la fase de postura obtuvo valores de 52.8° en el grupo de participantes sanos, 54.5° en el grupo de sujetos con artrosis leve (p 0.416) y 54.3° en sujetos con artrosis grave (p 0.897), con lo cual concluyen que no existen diferencias significativas entre los grupos. Así mismo, en relación con el rango de flexión máxima de rodilla durante la fase de balanceo, se obtuvo un valor promedio de 68.6° en participantes sanos, 72.5° en artrosis leve (p 0.142) y 72.2° en artrosis grave (p 0.519), concluyendo que los resultados encontrados no demuestran diferencias significativas entre los grupos de estudio.

Orthostat 6.29

Tabla 18

Características de los estudios basados en el Sistema Orthostat 6.29

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Cho, Ko, & Lee (2015)	Centro del sacro Columna vertebral iliaca superior anterior Punto medio entre el trocánter mayor y el cóndilo femoral lateral Cóndilo femoral lateral Punto medio entre el cóndilo femoral y el maléolo lateral Maléolo lateral Calcáneo Cabeza del segundo metatarsiano	Velocidad de la marcha: Se identificó un valor promedio Longitud de paso: Se identificó un valor promedio Longitud de zancada: Se identificó un valor promedio Ángulo de progresión del pie: Aumentado en artrosis de rodilla Ángulo de rotación del pie: Aumentado en artrosis de rodilla

En primer lugar, Cho, Ko, & Lee (2015) en su estudio se enfocaron en el análisis de sujetos con artrosis de rodilla sin compararlos con un grupo de sujetos sanos, gracias a su investigación lograron evidenciar en relación con la velocidad de la marcha un valor promedio de 118,9 cm/s en estos participantes junto con una longitud de zancada con valor promedio de 8.9 cm y longitud de paso con un valor promedio de 117.5 cm.

Por otra parte, Cho, Ko, & Lee (2015) en relación con el ángulo de progresión del pie, obtuvieron un valor promedio durante la fase de postura temprana de 8.95° y de 10.25° en la fase de postura tardía. Así mismo, el ángulo de rotación del pie fue en promedio de 1.14° durante la ejecución de la fase de postura temprana y de 0.41° en la fase de postura tardía. Con lo anteriormente mencionado, Cho, Ko, & Lee (2015) identificaron que en sujetos con artrosis de rodilla el ángulo de progresión del pie aumentaba en conjunto con el ángulo de rotación lateral del pie. Así mismo, Cho, Ko, & Lee (2015) encontraron en relación con el ángulo de alineación femorotibial un valor promedio de 3.60°, el cual a su vez se relaciona con el ángulo de progresión del pie durante la ejecución de la fase de apoyo en la marcha.

Eagle EvaRT

Tabla 19

Características de los estudios basados en el Sistema Eagle EvaRT

Autores	Ubicación de los Sensores	Principales Parámetros de Resultado
Moyer, Birmingham, Chesworth, Kean, & Giffin (2010)	Espina iliaca anterior superior derecha e izquierda Sacro Trocánter mayor Lateral al eje promedio estimado de rotación de la articulación de la rodilla Maléolo lateral	Velocidad de la marcha: Se identificó un valor promedio Ángulo de rodilla en varo: Aumentado en sujetos con artrosis

Espacio entre las cabezas del
segundo y tercer metatarsiano

Moyer, Birmingham, Chesworth, Kean, & Giffin (2010) en su estudio se enfocaron en el análisis de sujetos con artrosis sin hacer su comparación con sujetos sanos, encontrando que la velocidad de la marcha promedio en sujetos con artrosis fue de 1.1 m/s. Por otro lado, Chesworth, Kean, & Giffin (2010) identificaron que en los individuos con diagnóstico de artrosis de rodilla que además cuentan con un porcentaje de masa corporal por encima del rango normal, es común encontrar un porcentaje de carga dinámica de rodilla más alta, por ende, Moyer, Birmingham, Chesworth, Kean, & Giffin (2010) afirman que la relación entre la alineación de la rodilla en plano frontal y la carga de la rodilla a nivel del compartimiento medial al ejecutar el patrón de marcha, va a depender de la masa corporal que posea el individuo. Así mismo, de acuerdo con Moyer, Birmingham, Chesworth, Kean, & Giffin (2010) es evidente un aumento de la alineación de rodilla en varo en aquellos sujetos con artrosis de rodilla que cuentan con un porcentaje elevado de masa corporal.

Por lo tanto, en relación con la cinemática de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla, se logra identificar que aquellas variables de medición más estudiadas por los diversos autores corresponden a la velocidad de la marcha, longitud de zancada, longitud de paso, ángulo de flexión de rodilla, ángulo de extensión de rodilla, ángulo de aducción de rodilla, ángulo de rotación externa e interna de rodilla, ángulo de aducción de cadera, ángulo de progresión del pie, ángulo de rodilla en varo, empuje de varo y velocidad angular (Anexo 1.2), así mismo, estas fueron en las cuales se encontraron mayores diferencias en comparación con sujetos sanos.

Discusión

Los sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional han permitido a lo largo del tiempo no solo determinar las características de la marcha en individuos sanos, sino que también comparar estas mismas con sujetos con algún tipo de patología que limite su capacidad motora al caminar, como es el caso de sujetos con artrosis de rodilla.

En relación a estos individuos con diagnóstico de artrosis, la mayoría de autores al analizar las características cinemáticas de la marcha se enfocan en el análisis de variables espacio-temporales como la velocidad de la marcha, longitud de zancada, longitud de paso, tiempo de apoyo, tiempo de oscilación, empuje de varo, velocidad angular, inclinación pélvica e inclinación torácica, así como en rangos de movimientos articulares a nivel de rodilla, cadera y tobillo relacionados con ángulos de flexión, extensión, aducción, abducción, rotación interna, rotación externa, dorsiflexión y plantiflexión y finalmente ángulo de rodilla en varus y ángulo de progresión del pie. Sin embargo, autores como Sparkes, y otros (2019), Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019), Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016), Krauss, y otros (2012), Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) y Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019) difieren frente a los resultados evidenciados en estas variables durante el análisis de las características de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla, presentando ciertas contradicciones en relación con lo identificado en sus estudios.

En primer lugar, se evidenciaron diferencias significativas en relación con lo propuesto por algunos autores frente a la velocidad de la marcha. Partiendo desde lo mencionado por Asay, Erhart, & Andriacchi (2018) al realizar su estudio a lo largo de cinco años en sujetos con artrosis, identificaron que al medir esta variable al iniciar el estudio y al final del mismo, el valor promedio de los participantes se mantuvo en el tiempo sin presentar variaciones a pesar de la

progresión de la patología, por lo tanto para estos autores, la velocidad de la marcha no es una variable que dependa del nivel de gravedad o progresión de la artrosis. Esta misma propuesta la comparte Kudo, y otros (2020), Mahmoudian, y otros (2016), Naili, y otros (2017) y Sparkes, y otros (2019) al comparar sujetos con artrosis de rodilla con participantes sanos y Naili, Broström, Clausen, & Holsgaard (2019) al comparar esta variable entre distintos niveles de gravedad sin encontrar diferencias significativas. De la misma manera, Vanwanseele, y otros (2010) afirman que la velocidad de la marcha no presenta alteraciones producto del daño del cartilago ocasionado por la presencia de artrosis de rodilla en estos individuos.

A comparación de los autores anteriormente mencionados, Bedran, Alves, & Noce (2013) en su estudio identificaron una disminución significativa en los resultados obtenidos para la velocidad de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla a comparación de sujetos sanos, al igual que Jones, Stanish, & Rutherford (2018), Ko, Ling, Schreiber, Nesbitt, & Ferrucci (2011), Pinto, y otros (2020) y Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010). De la misma manera, Favre, Erthart, & Andriacchi (2014) y Hafer, y otros (2020), además de evidenciar diferencias en esta variable al compararlo con individuos sanos y asintomáticos, también identificaron que era más evidente su disminución a medida que progresaba la artrosis de rodilla y pasaba de moderada a severa, siendo apoyada esta propuesta por Levinger, y otros (2011) y Chang y otros (2015) al afirmar que el daño generado en el cartílago articular influye en la velocidad de la marcha debido a la respuesta proinflamatoria causando rigidez articular y aumento del dolor. Por otra parte, Duffell, Jordan, Cobb, & McGregor (2017) apoyan esta idea al mencionar que la edad del individuo influye directamente sobre algunas variables de la marcha, especialmente sobre la velocidad, al identificar valores significativamente menores en individuos con edad superior a 60 años.

Así mismo, Favre, Erthart, & Andriacchi (2014), encontraron una correlación con la variable de Longitud de Zancada al igual que Kirkwood, y otros (2011) afirmando que la disminución de la velocidad de la marcha se genera a causa de una longitud de zancada más corta producto de la presencia de la patología.

De acuerdo con lo anterior, a pesar de que muchos autores difieran en cuanto a los resultados evidenciados, la disminución de la velocidad de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla es una estrategia usada para generar una reducción de la carga mecánica sobre la articulación al ejecutar el patrón, disminuyendo con esto la presencia de dolor a causa de la rigidez articular, junto con una limitación en su funcionalidad producto de los efectos a nivel fisiológico que trae consigo especialmente a nivel del cartílago articular.

Posteriormente, la longitud de zancada también es una variable a resaltar en esta investigación, ya que es considerada como una de las variables espacio – temporales más estudiadas por los diversos autores al hablar de características cinemáticas de la marcha en artrosis de rodilla. Sin embargo al igual que en la variable de velocidad de la marcha, algunos autores difieren en los resultados encontrados en sus investigaciones. En primer lugar Favre, Erthart, & Andriacchi (2014), Kirkwood, y otros (2011) y Hafer, y otros (2020) evidenciaron una longitud de zancada más corta en individuos con artrosis en comparación con sujetos sanos y asintomáticos. De igual manera, otros autores que apoyan esta propuesta es Duffell, Jordan, Cobb, & McGregor (2017) los cuales mencionan que al igual que en la velocidad de la marcha, la edad influye en la longitud de zancada al evidenciar una longitud más corta en sujetos con artrosis mayores de 60 años.

Por el contrario, Sparkes, y otros (2019) al comparar sujetos con y sin artrosis de rodilla no identificaron diferencias significativas respecto a esta variable, al igual que Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010).

La disminución de la longitud de zancada en sujetos diagnosticados con artrosis de rodilla, al igual que la disminución de la velocidad de la marcha, es una estrategia usada con el fin de hacer uso lo más mínimo posible de la extremidad afectada por esta patología, previniendo que el dolor articular se exacerbe y sea más limitante la movilidad al ejecutar el patrón de marcha a futuro. Así mismo, es importante resaltar que la edad influye en estas dos variables anteriormente mencionadas, ya que a mayor edad el nivel de progresión y de gravedad de la artrosis es mayor, por lo tanto las alteraciones causadas en el ámbito fisiopatológico restringen en mayor medida el movimiento, especialmente por presencia de un daño mayor en el cartilago articular.

Además de la velocidad de la marcha y la longitud de zancada, otra variable espacio – temporal estudiada por algunos autores fue la longitud de paso, la cual únicamente se evidenció en dos investigaciones, sin embargo los autores poseen diferencias en los resultados encontrados, ya que, Sparkes, y otros (2019) no encontraron diferencias significativas entre los valores relacionados con esta variable para el grupo con y sin artrosis de rodilla, sin embargo Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016) al comparar esta variable entre sujetos sanos, sujetos con artrosis leve y sujetos con artrosis grave, identificaron un aumento de esta a medida que progresa la artrosis y aumenta su gravedad. Esto desde el punto de vista fisioterapéutico es posible que el individuo lo desarrolle como herramienta para aumentar su base de sustentación al caminar, permitiéndole controlar su centro de masa y centro de gravedad con el fin de mantener su equilibrio dinámico, el cual puede verse afectado a causa de la limitación de movimiento

articular de rodilla producto de la patología y por los cambios evidenciados a nivel de ángulos articulares durante la ejecución del patrón de marcha.

Otras variables espacio – temporales estudiadas por los autores seleccionados, fue la inclinación pélvica e inclinación torácica analizada por Linley, Sled, Culham, & Deluzio (2010), así mismo, el tiempo de apoyo y tiempo de oscilación examinada por Kirkwood, y otros (2011) y la inclinación lateral de tronco estudiada por Bedran, Alves, & Noce (2013), las cuales no presentaron diferencias respecto a lo mencionado por cada autor.

Consecutivamente, además de las variables espacio – temporales, la cinemática de la marcha también comprende las variaciones y cambios presentados en relación a los ángulos de movimiento articular en cadera, rodilla y tobillo, sin embargo fueron evidentes diferencias respecto a lo mencionado por distintos autores.

Principalmente, en relación con el ángulo de flexión de rodilla en sujetos con artrosis, al ejecutar el patrón de marcha Sparkes, y otros (2019), Pinto, y otros (2020) y Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016) no evidenciaron en sus estudios diferencias significativas en el rango de movimiento de la articulación de rodilla en ninguno de los planos y ejes al comparar sujetos con artrosis y sujetos sanos. De igual manera, Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019) no encontraron diferencias significativas al comparar sujetos con artrosis con dolor fuerte de rodilla y con dolor leve, por ende para estos autores el ángulo de flexión de rodilla no es una variable que depende del grado de progresión de la artrosis. Por el contrario, Jones, Stanish, & Rutherford (2018) identificaron un rango de flexión de rodilla disminuido en participantes con artrosis especialmente en la fase de postura terminal, al igual que Kirkwood, y otros (2011) quienes proponen que esta disminución del ángulo de movimiento es dado durante la fase de oscilación, así mismo, esta postura es apoyada por Na, Piva, & Buchanan (2018), Fukaya,

Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016), Sagawa, y otros (2013), Krauss, y otros (2012) , Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) , Nishino, y otros (2015), Hafer, y otros (2020), Zeng, y otros (2017) , al evidenciar su disminución significativa en sujetos con artrosis de rodilla especialmente a medida que progresa la patología y aumenta su nivel de severidad. No obstante, Richards, Andersen, Harlaar, & Van den Noort (2018) identificaron un ángulo de flexión de rodilla mayor en sujetos con artrosis como producto de una compensación anatómica generada a causa de la presencia de su patología.

En segundo lugar, en relación con el ángulo de extensión de rodilla, este al igual que el ángulo de flexión, presentó diferencias respecto a los resultados y afirmaciones brindadas por los distintos autores. Comenzando con Sparkes, y otros (2019) y Pinto, y otros (2020) los cuales afirman no haber encontrado diferencias significativas en el ángulo de flexión de rodilla entre individuos con artrosis de rodilla y sujetos sanos, al igual que Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019), quienes no evidenciaron un resultado significativo al comparar sujetos con artrosis con dolor fuerte y con dolor leve de rodilla. En contraste a lo anteriormente mencionado, Favre, Erthart, & Andriacchi (2014), Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) y , Hafer, y otros (2020) evidenciaron un ángulo de extensión de rodilla disminuido en sujetos con artrosis severa al ejecutar especialmente la fase de postura inicial y la fase de postura terminal, comparado con sujetos asintomáticos, sujetos con artrosis moderada y artrosis temprana, por lo tanto estos autores proponen que esta variable se ve influenciada por el grado de severidad de la artrosis, siendo esta postura apoyada por Kirkwood, y otros (2011) y Na, Piva, & Buchanan (2018).

En tercer lugar, en relación con el ángulo de aducción de rodilla, los autores también presentaron diferencias respecto a los resultados obtenidos en sus estudios al analizar las características cinemáticas de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla. Por un lado Sparkes, y

otros (2019) no encontraron diferencias significativas frente a esta variable al ser comparada con sujetos sanos y a su vez Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019) no evidenciaron diferencias significativas entre sujetos con artrosis que referían dolor leve y grave en la articulación, por ende para los autores, esta variable no se ve influenciada por las alteraciones fisiopatológicas propias de la artrosis de rodilla. En oposición a estos, Na, Piva, & Buchanan (2018) al comparar sujetos con artrosis que presentaban limitaciones en la marcha, con aquellos que no las poseían y con un grupo de control sano, encontraron un ángulo de aducción de rodilla aumentado en sujetos afectados por esta patología y que a su vez presentaban limitación en la marcha. Esta propuesta fue apoyada principalmente por Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016), los cuales también evidenciaron que este aumento en el rango de movimiento es posiblemente producto de la presencia de un varo de rodilla aumentado debido a la progresión de esta patología, así como por Duffell, Jordan, Cobb, & McGregor (2017), Nishino, y otros (2015), Park, Kobsar, & Ferber (2016) y Zeng, y otros (2017). Sin embargo, a diferencia de los autores anteriormente mencionados, Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2018) y Hafer, y otros (2020) afirman que el ángulo de aducción de rodilla disminuye especialmente en sujetos con artrosis grave a comparación de individuos con artrosis temprana, por ende esta variable para los autores no tendría una correlación directa con la progresión de la patología, siendo por lo tanto una afirmación que contrasta los resultados de los demás autores.

Además de los rangos de movimiento articular ya mencionados, también fueron evidentes ciertas diferencias respecto a los observado frente al ángulo de rodilla en varo, empuje de varo y velocidad angular, las cuales son variables que se encuentran relacionadas entre sí. Para Chang y otros (2015) y , Chang y otros (2013) la progresión de la artrosis de rodilla genera un aumento de la alineación de la rodilla en varo, lo cual desencadena un aumento en la velocidad angular

por presencia de un mayor empuje de varo al ejecutar el patrón de marcha especialmente en la fase de apoyo, lo cual es apoyado por Mahmoudian, y otros (2016), Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016), Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019), Pinto, y otros (2020) y Moyer, Birmingham, Chesworth, Kean, & Giffin (2010), siendo estos últimos autores los encargados de proponer que la alineación de rodilla en varo va a estar influida por el aumento de la masa corporal del individuo. Sin embargo, Zeng, y otros (2017) contrastan lo mencionado por estos autores al mencionar que el ángulo de rodilla en varo disminuye en sujetos con artrosis al ser comparado con sujetos sanos.

Así mismo, el ángulo de aducción de cadera es otra variable que presenta diferencias entre los autores, por un lado Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019) afirman un notable aumento en este a causa de la presencia de una alineación mayor de rodilla en varo en sujetos con artrosis de rodilla durante la fase de postura media. En cambio, Duffell, Jordan, Cobb, & McGregor (2017) y Park, Kobsar, & Ferber (2016) afirman que esta variable está relacionada con el grado de progresión de la artrosis y con la edad del individuo, por esto a mayor edad es evidente un mayor disminución del ángulo de aducción de cadera.

Por otro lado, en relación con el ángulo de progresión del pie, Bedran, Alves, & Noce (2013) afirman que es notable una disminución en este rango de movimiento en sujetos con artrosis, sin embargo, por el contrario Cho, Ko, & Lee (2015) refuta lo mencionado por Bedran, Alves, & Noce (2013) al identificar un aumento de esta variable en sujetos con artrosis de rodilla especialmente durante la ejecución de la fase de apoyo.

Finalmente, en cuanto al ángulo de rotación interna y externa de rodilla Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019) no encontraron resultados significativos. Por el contrario, Naili, y otros (2017) evidenciaron una disminución en esta variable en sujetos con artrosis, sin embargo, Krauss, y

otros (2012) proponen que hay un aumento significativo especialmente en la rotación externa de esta articulación.

Otras variables que también fueron estudiadas por los autores seleccionados para esta investigación fue el ángulo femorotibial analizado por Cho, Ko, & Lee (2015) y Kudo, y otros (2020) sin encontrar diferencias significativas entre lo mencionado por los autores, así como, el ángulo de inversión y ángulo de eversión del pie estudiado por Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019), ángulo de plantiflexión y dorsiflexión planteado por Fukaya, Mutsuzaki, Okubo, Mori, & Wandano (2016), ángulo de abducción del tobillo examinado por Tadano, Takeda, Sasaki, Fujisawa, & Tohyama (2016), ángulo de oblicuidad del tórax propuesto por Sagawa, y otros (2013), ángulo de abducción de cadera investigado por Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019) y Naili, y otros (2017) y finalmente el ángulo de rotación de cadera y el ángulo de rotación de tobillo estudiado por Naili, y otros (2017).

Desde el ámbito fisioterapéutico, las alteraciones en la cinemática de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla son producto principalmente de los cambios fisiopatológicos que trae consigo la presencia de la patología a nivel articular, principalmente el daño del cartílago es considerado como uno de los efectos más importantes e influyentes sobre las variables espacio – temporales de la marcha, las cuales cambian como una estrategia usada por el individuo para disminuir los efectos de la artrosis sobre su movimiento. Es importante resaltar que una de las características más importantes que posee este diagnóstico es la presencia de rigidez articular junto con una limitación en su movimiento por presencia de dolor exacerbado lo cual produce que el paciente use menos su extremidad afectada a la hora de ejecutar el patrón de marcha.

Conclusión

Se concluye que los cambios evidenciados en la cinemática de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla no son permanentes en el tiempo, debido a que se evidencia que estos van cambiando a medida que la artrosis progresa y aumenta su grado de afectación en la articulación. Es por esta razón que las características funcionales al ejecutar la marcha en sujetos con artrosis, pueden estar moderadamente disminuidas y limitadas a causa de factores fisiopatológicos que influyen en la biomecánica de la articulación. Por lo tanto, los cambios evidenciados en la cinemática de la marcha en individuos con artrosis dependen de la progresión de esta patología, dado que a pesar de encontrar diferencias entre algunos autores, para la mayoría de estudios, existe una relación directa entre las alteraciones evidenciadas y el grado de progresión de la artrosis de rodilla, lo que permite a su vez determinar que con su progresión los individuos deben generar mayores compensaciones con el fin de disminuir los efectos generados por la patología, sin embargo, a la hora de su intervención el profesional debe tener en cuenta no solo este aspecto, sino que también los hábitos de vida, factores sociales, familiares y contextuales que posiblemente lleguen a influir en su condición de salud, logrando con esto un abordaje más integral en el paciente.

Gracias a esta investigación se resalta el papel de los sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional, los cuales a pesar de contar con diferencias en sus principales características son considerados como una herramienta objetiva, lo que hace que su uso sea confiable para el desarrollo de distintas investigaciones y en el estudio de las características cinemáticas de esta población, siendo una herramienta indispensable que permite la medición de variables espacio – temporales y su comparación con sujetos sanos, permitiendo al profesional conocer los cambios que pueden estar presentes a causa de la patología.

Desde el ámbito fisioterapéutico, el conocimiento de las características de la cinemática de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla a través de esta investigación, no solo va a permitir al profesional crear estrategias de rehabilitación enfocadas en su condición de salud, sino que también permite conocer la capacidad funcional del paciente acorde con su nivel de progresión de esta patología. El principal alcance de esta investigación fue lograr determinar que las características cinemáticas de la marcha en sujetos con artrosis de rodilla presentan alteraciones especialmente en la velocidad de la marcha, longitud de zancada, ángulo de flexión y extensión de rodilla, ángulo de aducción de rodilla, ángulo de aducción de cadera y ángulo de rodilla en varo, velocidad angular y empuje varo, sin embargo, cabe destacar que fueron evidentes otras alteraciones, las cuales no fueron vistas en la mayoría de los estudios encontrados pero representan información importante y relevante para el entendimiento de la cinemática de la marcha en estos individuos, como lo es la presencia de alteraciones en los rangos de movimiento articular a nivel de cadera y de tobillo en algunas investigaciones.

Por otro lado, dentro de las limitaciones que presentó esta investigación durante su desarrollo, se resalta la falta de acceso a algunos estudios de manera electrónica debido a que no se contaba con la correspondiente suscripción a la revista y/o base de datos en donde estaba publicado, de la misma manera, se limitó la asistencia de manera presencial a algunas bibliotecas que contaban con material físico relevante a causa de la situación de contingencia causada por la pandemia por Covid-19.

Por otra parte, al conocer las alteraciones cinemáticas propias de esta población durante la ejecución del patrón de marcha es posible instaurar un proceso de intervención temprana, con el fin de disminuir el impacto en la función, funcionalidad y funcionamiento que se desencadena en el individuo a futuro producto de esta patología, sin embargo esto da origen a nuevos

interrogantes relacionados con esta temática, en primer lugar, debido a la prevalencia de esta patología ¿será posible crear un sistema de captura de análisis de movimiento tridimensional que permita predecir con precisión las alteraciones en la cinemática de la marcha que tendrá un individuo con artrosis de rodilla en un futuro?, así mismo, teniendo en cuenta que el contexto es un factor influyente en la condición de salud del individuo ¿existirán diferencias significativas frente a las alteraciones en la cinemática de la marcha entre individuos con artrosis de rodilla provenientes de nacionalidades distintas?, por esta razón, para el desarrollo de estos interrogantes es necesario la creación de nuevas investigaciones que permitan conocer a mayor profundidad las consecuencias que trae consigo la presencia de artrosis de rodilla sobre el movimiento corporal humano.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme cada día la fortaleza necesaria para continuar y guiar mi camino en todo momento, logrando así sobrepasar cada obstáculo de la mejor manera, a mis padres por ser mi motivación diaria, impulsándome a dar lo mejor de mí y enseñándome que la vida es un proceso y que con perseverancia y seguridad todo es posible. A mi hermano, por ser mi ejemplo a seguir, por motivarme siempre a superarme, apoyarme y confiar en mis capacidades.

A mi docente asesora Fabiola González Ortiz de la Escuela Colombiana de Rehabilitación, la cual fue un pilar importante para hacer posible la realización de esta investigación gracias a su sabiduría, conocimiento y a su apoyo constante.

A mis docentes a lo largo de toda mi carrera universitaria, los cuales no sólo me permitieron crecer como persona sino también en mi ámbito profesional, orientándome en mi proceso de enseñanza y aprendizaje para poder lograr mis metas y culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

Por último, pero no menos importantes, a mis amigos más cercanos y compañeros, los cuales creyeron en mí desde un principio dándome los mejores consejos para seguir adelante y apoyándome diariamente.

Referencias

- Alfonso, M; Ávila, A. (junio, 2014). Cambios Cinemáticos de la marcha en pacientes con artrosis de rodilla con diferentes descargas de peso. *Revista Ciencias de la Salud*, 12(3), 319-329. doi: dx.doi.org/10.12804/revsalud12.03.2014.02
- Agostini, V., Gastaldi, L., Rosso, V., Knaflitz, M., & Tadano, S. (2017). A weareable magneto-inertial system for gait analysis (H-Gait): validation on normal weight and overweight/obese young healthy adults. *Sensors*, 17(2406), 2-14. doi: 10.3390/s17102406
- Asay, J., Erhart, J., & Andriacchi, T. (2018). Changes in the total knee joint moment in patients with medial compartment knee osteoarthritis over 5 years. *Journal of Orthopaedic Research*, 36(9), 2373-2379. doi: 10.1002/jor.23908
- Baroni, E. (2013). Genuvaro? Varo Fisiológico. *Medicina Infantil*, 10(2), 133-139. Recuperado de https://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2013/xx_2_133.pdf
- Bedran, C., Alves, R., & Noce, R. (2013). Increased hip internal abduction moment and reduced speed are the gait strategies used by women with knee osteoarthritis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(5), 1243-1249. doi: 10.1016/j.jelekin.2013.05.013
- Cámara, J. (2011). Análisis de la marcha: sus fases y variables espacio-temporales. *Entramado*, 7(1), 160-173.
- Casilda, J; Ortiz, A; Torres, I; Cabrera, I; Romero, R; Valenza, M. (diciembre, 2018). Determinantes Físicos del estado funcional en mujeres mayores de 60 años con artrosis de rodilla. *Revista Facultad de Ciencias de la Salud UDES*, 5(2), 8-13.

- Centro Impulso. (2018). *Diferentes ejes, planos y movimientos del cuerpo*. Obtenido de <https://centroimpulso.es/ejes-y-ejercicio/>
- Chang , A., Moio, K., Chmiel, J., Eckstein, F., Guermazi, A., Prasad, P., . . . Sharma, L. (2015). External knee adduction and flexion moments during gait and medial tibiofemoral disease progression in knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 23(7), 1099-1106. doi: 10.1016/j.joca.2015.02.005
- Chang, A., Chmiel, J., Moio, K., Almagor, O., Zhang, Y., Cahue, S., & Sharma, L. (2013). Varo thrust and knee frontal plane dynamic motion in persons with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 21(11), 1668-1673. doi: 10.1016/j.joca.2013.08.007
- Cho, Y., Ko, Y., & Lee, W. (2015). Relationships among foot position, lower limb alignment, and knee adduction moment in patients with degenerative knee osteoarthritis. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(1), 265-268. doi: 10.1589/jpts.27.265
- Creaby, M., Hunt, M., Hinman, R., & Bennell, K. (2013). Sagittal plane joint loading is related to knee flexion in osteoarthritic gait. *Clinical Biomechanics*, 28(8), 916-920. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.07.013
- Debi, R; Mor, A; Segal, O; Segal, G; Debbi, E; Agar, G., Halperin, N; Haim, A; Elbaz, A. (octubre, 2009). Differences in gait patterns, pain, function and quality of life between males and females with knee osteoarthritis: a clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 10(127), 1-10. doi: 10.1186/1471-2474-10-127
- Derzi, Z., & Volcic, R. (2018). MOTOM toolbox: MOtion Tracking via Optotrak and Matlab. *Journal of Neuroscience Methods*, 308(1), 129-134. doi: 10.1016/j.jneumeth.2018.07.007

- Duffell, L., Jordan, S., Cobb, J., & McGregor, A. (2017). Gait adaptations with aging in healthy participants and people with kneejoint osteoarthritis. *Gait & Posture*, 57, 246-251. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.06.015
- Favre, J., Erthart, J., & Andriacchi, T. (2014). Age-related differences in sagittal-plane knee function at heel-strike of walking are increased in osteoarthritic patients. *Osteoarthritis and Cartilage*, 22(3), 464-471. doi: 10.1016/j.joca.2013.12.014
- Fflur, G., Rowe, P., & Biant, L. (2018). Gait variability and motor control in patients with knee osteoarthritis as measured by the uncontrolled manifold technique. *Gait & Posture*, 59, 272-277. doi: 10.1016/j.gaitpost.2017.08.015
- Fukaya, T., Mutsuzaki, H., & Mori, K. (2019). Influence of Pain on Knee Joint Movement and Moment during the Stance Phase in Patients with Severe Bilateral Knee Osteoarthritis: A Pilot Study. *Medicina*, 55(12), 1-7. doi: 10.3390/medicina55120756
- Fukaya, T., Mutsuzaki, H., Nakano, W., & Mori, K. (2018). Smoothness of the knee joint movement during the stance phase in patients with severe knee osteoarthritis. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 14, 1-5. doi: 10.1016/j.asmart.2018.08.002
- Fukaya, T., Mutsuzaki, H., Nakano, W., & Mori, K. (2019). Characteristics of frontal plane lower limb movement during walking in patients with knee osteoarthritis of varying severity. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 27(2), 1-7. doi: 10.1177/2309499019848085
- Fukaya, T., Mutsuzaki, H., Okubo, T., Mori, K., & Wandano, Y. (2016). Relationships between the center of pressure and the movements of the ankle and knee joints during the stance

- phase in patients with severe medial knee osteoarthritis. *The Knee*, 23(4), 631-636. doi: 10.1016/j.knee.2016.02.019
- Gök, H; Ergin, S; Yavuzer, G. (mayo, 2002). Kinetic and kinematic characteristics of gait in patients with medial knee arthrosis. *Acta Orthopaedica Scandinavica* , 73(6), 647-652. doi: 10.3109/17453670209178029
- Gómez, L., Jaramillo, A., Ruiz, M., Velásquez, S., Páramo, C., & Silva, G. (2018). Sistemas de captura y análisis de movimiento cinemático humano: una revisión sistemática. *Prospectiva*, 16(2), 24-34. doi: <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1587>
- Hafer, J., Provenzano, S., Kern, K., Agresta, C., Grant, J., & Zernicke, R. (2020). Measuring markers of aging and knee osteoarthritis gait using inertial measurement units. *Journal of Biomechanics*, 99, 1-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.109567>
- Henriksen, M; Graven, T; Aaboe, J; Andriacchi, T; Bliddal, H. (abril, 2010). Gait Changes in Patients With Knee Osteoarthritis Are Replicated by Experimental Knee Pain. *Arthritis Care & Research*, 62(4), 501-509. doi: 10.1002/acr.20033
- Hernández, U; Velásquez, J; Lara, C; Villarreal, E; Martínez, L; Vargas, E; Galicia, L. (diciembre, 2012). Comparación de la eficacia del ejercicio terapéutico isocinético vs isométrico en pacientes con artrosis de rodilla. *Reumatología Clínica*, 8(1), 10-14. doi: 10.1016/j.reuma.2011.08.001
- Jiménez, J; Vázques, E; Aguilar, T; Montiel, A; Guitiérrez, I; Barragán, R; López, G; Espitia, A; González, A. (diciembre, 2013). Calidad de vida en pacientes con limitación funcional de la rodilla por gonartrosis. En una unidad de primer nivel de atención médica. *Acta Ortopédica Mexicana*, 27(6), 367-370.

- Jones, M., Stanish, W., & Rutherford, D. (2018). Co-activation is not altered in the contra-lateral limb of individuals with moderate knee osteoarthritis compared to healthy controls. *Clinical Biomechanics*, 59, 71-77. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2018.09.003
- Kapandji, A. (2012). *Fisiología Articular*. España: Editorial Médica Panamericana .
- Kirkwood, R., Resende, R., Magalhaes, C., Gomes, H., Mingoti, S., & Sampaio, R. (2011). Aplicação da análise de componentes principais na cinemática da marcha de idosas com osteoartrite de joelho. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 15(1), 52-58. doi: 10.1590/S1413-35552011000100007
- Ko, S.-u; Ling, S; Schreiber, C; Nesbitt, M; Ferrucci, L. (diciembre, 2011). Gait Patterns during Different Walking Conditions in Older Adults with and without Knee Osteoarthritis - Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Gait Posture*, 33(2), 205-210. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.11.006
- Krauss, I., List, R., Janssen, P., Grau, S., Horstmann, T., & Stacoff, A. (2012). Comparison of distinctive gait variables using two different biomechanical models for knee joint kinematics in subjects with knee osteoarthritis and healthy controls. *Clinical Biomechanics*, 27(3), 281-286. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2011.09.013
- Kudo, K., Nagura, T., Harato, K., Kobayashi, S., Niki, Y., Matsumoto, M., & Nakamura, M. (2020). Correlation between static limb alignment and peak knee adduction angle during gait is affected by subject pain in medial knee osteoarthritis. *The Knee*, 27(2), 348-355. doi: 10.1016/j.knee.2019.11.008
- Levinger, P., Caldow, M., Feller, J., Bartlett, J., Bergman, N., McKenna, M., . . . Levinger, I. (2011). Association between skeletal muscle inflammatory markers and walking pattern

- in people with knee osteoarthritis. *Arthritis Care & Research*, 63(12), 1715-1721. doi: 10.1002/acr.20625
- Linley, H., Sled, E., Culham, E., & Deluzio, K. (2010). A biomechanical analysis of trunk and pelvis motion during gait in subjects with knee osteoarthritis compared to control subjects. *Clinical Biomechanics*, 25(10), 1003-1010. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2010.07.012
- López, J; Arcila, R; Estrella, D. (enero, 2014). Medición de la calidad de vida en pacientes mexicanos con osteoartrosis. *Revista Mexicana de Medicina Física y Rehabilitación*, 26(1), 5-11.
- Lustig, S., Magnussen, R., Cheze, L., & Neyret, P. (2012). The KneeKG System: a review of the literature. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 29(1). doi: 10.1007/s00167-011-1867-4
- Maceira, E. (2003). Análisis cinemático y cinético de la marcha humana. *Revista del pie y tobillo*, 17(1), 29-37.
- Mahmoudian, A., Van Dieen, J., Bruijn, S., Baert, I., Faber, G., Luyten, F., & Verschueren, S. (2016). Varo thrust in women with early medial knee osteoarthritis and its relation with the external knee adduction moment. *Clinical Biomechanics*, 39, 109-114. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.10.006
- Melo, L., Sánchez, R., Cañada, F., & Martínez, G. (2016). Dificultades del aprendizaje sobre el principio de arquímedes en el contexto de la flotación. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(4), 1-20. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0077>

Metron Medical Supplies . (s.f.). *Qualysis Motion Capture System*. Obtenido de <http://metron-ms.com/productos/analisis-del-movimiento/about-the-company/>

Mezghani, N; Mechmeche, I; Mitiche, A; Ouakrim, Y; de Guise, J. (octubre, 2018). An analysis of 3D knee kinematic data complexity in knee osteoarthritis and asymptomatic controls. *Plos One*, 13(10), 1-14. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202348>

Mine, T; Kajino, M; Sato, J; Itou, S; Kawamura, H; Kuriyama, R; Tominaga, Y. (2019). Gait oscillation analysis during gait and stair-stepping in elder patients with knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 14(21), 1-5. doi: 10.1186/s13018-019-1064-6.

Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). *Ley 528 de 1999*. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105013_archivo_pdf.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). *Análisis de Situación de Salud (ASIS) Colombia, 2018*. Recuperado de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-colombia-2018.pdf>

Morales , A., Rosas, G., Yarcce, E., Paredes, Y., Rosero, M., & Hidalgo, A. (enero, 2016). Condiciones médicas prevalentes en adultos mayores de 60 años. *Acta Médica Colombiana*, 41(1), 21-28.

Motion Analysis. (2010). *Eagle Digital RealTime System*. Obtenido de http://www.hoskinscientifique.com/uploadpdf/Instrumentation/Motion%20Analysis/hoskin_eagle_4bacfdc4165d6.pdf

- Moyer, R., Birmingham, T., Chesworth, B., Kean, C., & Giffin, J. (2010). Alignment, body mass and their interaction on dynamic knee joint load in patients with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 18, 888-893. doi: 10.1016/j.joca.2010.03.017
- Na, A., Piva, S., & Buchanan, T. (2018). Influences of knee osteoarthritis and walking difficulty on knee kinematics and kinetics. *Gait Posture*, 61, 439-444. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.01.025
- Naili, J., Broström, E., Clausen, B., & Holsgaard, A. (2019). Measures of knee and gait function and radiographic severity of knee osteoarthritis – A cross-sectional study. *Gait & Posture*, 74, 20-26. doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.08.003
- Naili, J; Esbjörnsson, A; Iversen, M; Schwartz, M; Hedström, M; Häger, C; Broström, E. (febrero, 2017). The impact of symptomatic knee osteoarthritis on overall gait pattern deviations and its association with performance-based measures and patient-reported outcomes. *The Knee*, 24, 536-546. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.knee.2017.02.006>
- Natacionguaymas. (s.f.). *Movimiento Angular*. Obtenido de <https://natacionguaymas.jimdo.co>
- Nishino, K., Omori, G., Koga, Y., Kobayashi, K., Sakamoto, M., Tanabe, Y., . . . Arakawa, M. (2015). Three-dimensional dynamic analysis of knee joint during gait in medial knee osteoarthritis using loading axis of knee. *Gait & Posture*, 42(2), 127-132. doi: 10.1016/j.gaitpost.2015.04.018
- Olmedo, S. (2012). *Manual de Cinemática y Dinámica*. Ecuador: Editorial Universitaria Abya-Yala.

- Osorio, J., & Valencia, M. (2013). Bases para el entendimiento del proceso de la marcha humana. *Archivos de Medicina*, 13(1), 88-96.
- Park, S., Kobsar, D., & Ferber, R. (2016). Relationship between lower limb muscle strength, self-reported pain and function, and frontal plane gait kinematics in knee osteoarthritis. *Clinical Biomechanics*, 38, 68-74. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2016.08.009
- Pinto, R., Birmingham, T., Leitch, K., Atkinson, H., Jones, I., & Giffin, R. (2020). Reliability and validity of knee angles and moments in patients with osteoarthritis using a treadmill-based gait analysis system. *Gait & Posture*, 80, 155-161. doi: 10.1016/j.gaitpost.2020.05.005
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/oblicuo>
- Richards, R., Andersen, M., Harlaar, J., & Van den Noort, J. (2018). Relationship between knee joint contact forces and external knee joint moments in patients with medial knee osteoarthritis: effects of gait modifications. *Osteoarthritis and Cartilage*, 26(9), 1203-1014. doi: 10.1016/j.joca.2018.04.011
- Sagawa, Y., Armand, S., Lubbeke, A., Hoffmeyer, P., Fritschy, D., Suva, D., & Turcot, K. (2013). Associations between gait and clinical parameters in patients with severe knee osteoarthritis: A multiple correspondence analysis. *Clinical Biomechanics*, 28(3), 299-305. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2013.01.008
- Salcedo, M., González, G., & Albiñana, J. (2009). Exploración Ortopédica. *Anales de Pediatría Continuada*, 7(6), 369-372. doi: 10.1016/S1696-2818(09)73209-3

- Shull, P; Shultz, R; Silder, A; Dragoo, J; Besier, T; Cutkosky, M; Delp, S. (2013). Toe-in gait reduces the first peak knee adduction moment in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Journal of Biomechanics*, 46, 122-128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.10.019>
- Sokk, J; Rätsepsoo, M; Kums, T; Ereline, J; Haviko, T; Gapeyeva, H; Pääsuke, M. (2017). Motor performance in patients with knee osteoarthritis after 8- week home exercise program. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 23, 74-85. doi: <https://doi.org/10.12697/akut.2017.23.07>
- Sparkes, V., Whatling, G., Biggs, P., Khatib, N., Al-Amri, M., Williams, D., . . . Holt, C. (2019). Comparison of gait, functional activities, and patient-reported outcome measures in patients with knee osteoarthritis and healthy adults using 3D motion analysis and activity monitoring: an exploratory case-control analysis. *Orthopedic Research and Reviews*, 11, 129-140. doi: 10.2147/ORR.S199107
- Subervier, L. (marzo, 2017). Empleo del ejercicio en la fisioterapia como tratamiento de la osteoartrosis de rodilla en adultos mayores. *Anales Médicos*, 62(1), 44-53.
- Tadano, S., Takeda, R., Sasaki, K., Fujisawa, T., & Tohyama, H. (2016). Gait characterization for osteoarthritis patients using wearable gait sensors (H-Gait systems). *Journal of Biomechanics*, 49(5), 684-690. doi: 10.1016/j.jbiomech.2016.01.017
- Vanwanseele, B., Eckstein, F., Smith, R., Lange, A., Foroughi, N., Baker, M., . . . Fiatarone, M. (2010). The relationship between knee adduction moment and cartilage and meniscus morphology in women with osteoarthritis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 18(7), 894-901. doi: 10.1016/j.joca.2010.04.006

- Villa, A., Gutiérrez, E., & Pérez, J. (2008). Consideraciones para el análisis de la marcha humana. Técnicas de videogrametría, electromiografía y dinamometría. *Revist Ingeniería Biomédica*, 2(3), 16-26.
- Wagn, H; Ma, Y; Guo, Y; Pan, Y. (septiembre, 2018). Effects of exercise therapy for knee osteoarthritis. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 11(9), 10009-10014.
- Zeng, X., Ma, L., Lin, Z., Huang, W., Huang, Z., Zhang, Y., & Mao, C. (2017). Relationship between Kellgren-Lawrence score and 3D kinematic gait analysis of patients with medial knee osteoarthritis using a new gait system. *Science Reports*, 7(1), 1-8. doi: 10.1038/s41598-017-04390-5

1. ANEXOS

1.1 Matriz búsqueda de artículos en diversas bases de datos.

Número	Tipo de estudio	Autores	Título original	Título traducido	País	Idioma	Año de publicación	Palabras clave	Base de datos	Revista	No. de participantes	Edad de los participantes	Sistema de captura de movimiento utilizado	Link del artículo
1	Cuasi-experimental	Shawn M Robbins, Trevor B Birmingham, Ian C Jones, Emily L Sischek, Mareike Dietzsch, J Robert Giffin	A Comparison of Gait Characteristics between Patients with Non-traumatic and Posttraumatic Medial Knee Osteoarthritis	Una comparación de las características de la marcha entre pacientes con osteoartritis medial de rodilla no traumática y postraumática	Estados Unidos	Inglés	2016	No posee	Ebsco Host	Arthritis Care & Research	215 participantes	41-49 años	Optical Motion Capture (Motion Analysis Corporation)	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26714257/
2	Cuasi-experimental	Julien Favre, Matthieu Hayoz, Jennifer C Erhart-Hledik, Thomas P Andriacchi	A neural network model to predict knee adduction moment during walking based on ground reaction force and	Un modelo de red neuronal para predecir el momento de aducción de la rodilla al caminar basado en la fuerza de reacción del	Estados Unidos	Inglés	2012	Knee adduction moment, Gait analysis, Neural network, Ground reaction force	Ebsco Host	Journal of Biomechanics	69 participantes	36-57-61 años	Qualisys Medical	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3895412/

			anthropometric measurements	suelo y mediciones antropométricas										
3	Cuasi-experimental	Jessica L. Asay, Jennifer C. Erhart-Hledik, Thomas P. Andriacchi	Changes in the total knee joint moment in patients with medial compartment knee osteoarthritis over 5 years	Cambios en el momento total de la articulación de la rodilla en pacientes con osteoartritis de rodilla de compartimiento medial durante 5 años	Estados Unidos	Inglés	2018	Knee Osteoarthritis; Kinetics; Gait; Total Joint Moment	PubMed	Journal of Orthopaedic Research	19 participantes	Mayores a 40 años con una línea base de 59,7 años	Qualisys AB	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29611879/
4	Cuasi-experimental	Vicktoria Elkarif, Leonid Kandel, Debbie Rand, Isabella Schwartz, Alexander Greenberg, Sigal Portnoy	Kinematics following gait perturbation in adults with knee osteoarthritis: Scheduled versus not scheduled for knee arthroplasty	Cinemática después de la alteración de la marcha en adultos con osteoartritis de rodilla: programada versus no programada para la artroplastía de rodilla	Israel	Inglés	2020	Gait analysis, Total knee replacement, Fall, Knee surgery, Joint pain	Science Direct	Gait & Posture	19 pacientes programados para reemplazo total de rodilla 19 pacientes no programados para reemplazo	67-70 años	Qualisys, Sweden	https://www.scientificdata.com/eprints/unisabana.edu/science/article/pii/S0966636220302630

											lazo total de rodilla			
											19 personas sin osteoartritis de rodilla			
5	Correlacional	Kanako Kudo, Takeo Nagura, Kengo Harato, Shu Kobayashi, Yasuo Niki, Morio Matsumoto, Masaya Nakamura	Correlation between static limb alignment and peak knee adduction angle during gait is affected by subject pain in medial knee osteoarthritis	La correlación entre la alineación estática de las extremidades y el ángulo de aducción del pico de la rodilla durante la marcha se ve afectada por el dolor del sujeto en la osteoartritis medial de la rodilla	Japón	Inglés	2020	Gait analysis, Knee osteoarthritis, Knee adduction moment, Knee adduction angle, Subjective pain	Science Direct	The Knee	31 participantes	65-70 años	Oqus, Qualysis, Goteborg, Sweden	https://www.sciencedirect.com/elsevier/locate/jbiomech

6	Cuasi-experimental	S.M. Robbins, M. Morelli, P.A. Martineau, N. St-Onge, M. Boily, R. Dimentberg, J. Antoniou	A comparison of muscle activation and knee mechanics during gait between patients with non-traumatic and post-traumatic knee osteoarthritis	Una comparación de la activación muscular y la mecánica de la rodilla durante la marcha entre pacientes con osteoartritis de rodilla no traumática y postraumática	Canadá	Inglés	2019	Knee osteoarthritis, Gait, Electromyography, Anterior cruciate ligament, Moment	Science Direct	Osteoarthritis and Cartilage	OA no traumática: 22 participantes OA post-traumática: 19 participantes Sanos: 22 participantes	56-60 años	Oqus 300+, Qualysis	https://www.sciencedirect.com/elsevier/article/pii/S1063458419308957
7	Cuasi-experimental	Baker, M; Stanish, W; Rutherford, D	Walking challenges in moderate knee osteoarthritis: A biomechanical and neuromuscular response to medial walkway surface translations	Desafíos para caminar en la osteoartritis de rodilla moderada: una respuesta biomecánica y neuromuscular a las traslaciones de la superficie de	Canadá	Inglés	2019	Knee Osteoarthritis, Perturbations, Joint Instability, Gait Biomechanics, Electromyography, Principal Component	Web of Science	Human Movement Science	40 participantes	62 años	Qualysis Oqus 500 (Qualysis, Gothenburg, Sweden)	https://apps-webofknowledge.com/elsevier/full_record.do?product=WOSS&search_mode=

				la pasarela medial				Analysi s							AdvancedSearch&qid=3&SID=6Ahwakm7FVzZp5Aq9aX&page=2&doc=11&cacheurlFromRig htClick=no
8	Casos y Contr oles	Sparkes, V; Whatling , GM; Biggs, P; Khatib, N; Al-Amri, M; Williams , D; Hemmin g, R; Hagen, M; Saleem, I; Swamina	Comparison of gait, functional activities, and patient-reported outcome measures in patients with knee osteoarthritis and healthy adults using 3D motion analysis and activity monitoring:	Comparació n de la marcha, las actividades funcionales y las medidas de resultado informadas por el paciente en pacientes con osteoartritis de rodilla y adultos sanos	Rein o Uni do	Inglés	2019	Osteoar thritis, Knee, 3D Motion Analysi s, Biomec hanics, Kinetic s, Gait	Web of Scienc e	Ortho pedic Resear ch and Revie ws	11 partici pantes	45-65 años	Qualysis, Gothenburg , Sweden	https://apps-webofknowledge-com.ez.unisabana.edu.co/full record.do?product=WO S&search_m ode=	

		than, R; Holt, C	an exploratory case-control analysis	mediante el análisis de movimiento 3D y la monitorizaci ón de la actividad: un análisis exploratorio de casos y controles											AdvancedSearch&qid=2&SID=6FHpYUa3EfFpwOfOe2u&page=2&doc=18&cacheurlFromRightClick=no
9	Cohortes	Katherine A. Boyer, Thomas P. Andriacchi	The Nature of Age- Related Differences in Knee Function during Walking: Implication for the Development of Knee Osteoarthritis	La naturaleza de las diferencias relacionadas con la edad en la función de la rodilla durante la marcha: implicaciones para el desarrollo de la osteoartritis de rodilla	España	Inglés	2016	No posee	Web of Science	PLoS ONE	74 participantes	24/ 47/ 64 años	ProReflex, Qualysis Inc, Sweden	https://apps-webofknowledge-com.ez.unisabana.edu.co/full_record.do?product=WOSS&search_mode=Advanced	

														ncedSearch&qid=32&SID=6FHpYUa3EfFpwOfOe2u&page=4&doc=32&caheurIFromRightClick=no
10	Cuasi-experimental	Jessica L Asay, Katherine A Boyer, Thomas P Andriacchi	Repeatability of gait analysis for measuring knee osteoarthritis pain in patients with severe chronic pain	Repetibilidad del análisis de la marcha para medir el dolor de la osteoartritis de rodilla en pacientes con dolor crónico intenso	Estados Unidos	Inglés	2013	Knee Osteoarthritis; Pain; Gait; Kinetics; Reliability	PubMed	Journal of Orthopaedic Research	6 participantes	62,8 años	Qualisys Medical AB, Gotemburgo, Suecia	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23508626/

11	Cuasi-experimental	Claudio Marcos Bedran Magalhães, Renan Alves Resende, Renata Noce Kirkwood	Increased hip internal abduction moment and reduced speed are the gait strategies used by women with knee osteoarthritis	El aumento del momento de la abducción interna de la cadera y la velocidad reducida son las estrategias de marcha utilizadas por las mujeres con osteoartritis de rodilla	Brasil	Inglés	2013	Knee osteoarthritis, Women, Gait, Biomechanics	PubMed	Journal of Electromyography and Kinesiology	40 personas sanas y 40 con OA	70,1 (Asintomáticos) y 69,4 (con OA)	Qualysis ProReflex Medical AB, Gothenburg, Sweden	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23871653/
12	Cuasi-experimental	Michelle Jones, William Stanish, Derek Rutherford	Co-activation is not altered in the contralateral limb of individuals with moderate knee osteoarthritis compared to healthy controls	La co-activación no se altera en la extremidad contralateral de las personas con osteoartritis moderada de rodilla en comparación con los controles saludables	Canadá	Inglés	2018	Knee osteoarthritis, Gait analysis, Electromyography, Treadmill walking, Contralateral knee, Biomechanics	Science Direct	Clinical Biomechanics	20 participantes con moderada OA de rodilla y 20 participantes asintomáticos	60 (Moderada OA) y 61 (Asintomáticos)	Qualysis Oqus 500 (Qualysis, Gothenburg, Sweden)	https://www.sciencedirect.com.ez.unisabana.edu.co/science/article/pii/S0268003318303279

13	Cuasi-experimental	J. Favre, J.C. Erhart-Hledik, T.P. Andriacchi	Age-related differences in sagittal-plane knee function at heel-strike of walking are increased in osteoarthritic patients	Las diferencias relacionadas con la edad en la función de rodilla del plano sagital en el golpe de talón al caminar se incrementan en pacientes osteoartrosis	Estados Unidos	Inglés	2014	Aging, Gait analysis, Kinematics, Kinetics, Osteoarthritis	Science Direct	Osteoarthritis and Cartilage	110 participantes 29 personas jóvenes asintomáticas 81 pacientes adultos con OA	29/56/58/62 años	Qualysis Medical, Gothenburg, SE	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1063458414000041
14	Cuasi-experimental	Renata N. Kirkwood; Renan A. Resende; Claudio M. B. Magallan; Henry A. Gomes; Sueli A. Mingoti; Rosana Sampaio	Aplicação da análise de componentes principais na cinemática da marcha de idosos com osteoartrite de joelho	Aplicación del análisis de componentes principales en cinemática de la marcha de las ancianas con osteoartritis de rodilla	Brasil	Portugués	2011	Análise Componentes Principais; Marcha; Cinemática; Osteoartrite.	SciELO	Revista Brasileira de Terapia Física	78 participantes	69-70 años	Qualysis Medical AB, Gothenburg, Suecia	https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-3552011000100007&script=sci_arttext&tlng=pt

15	Cuasi-experimental	Philippe C. Dixona, Sharleen Gomes, Richard A. Preuss, Shawn M. Robbins	Muscular contraction is related to varus thrust in patients with knee osteoarthritis	La cocontracción muscular está relacionada con el empuje en varo en pacientes con osteoartritis de rodilla	Canadá	Inglés	2018	Knee Osteoarthritis, Gait, Varus Thrust, Electromyography, Co-contraction	Web of Science	Clinical Biomechanics	42 participantes	56-60 años	OQUS 300+, Qualisys, Göteborg, Sweden	https://apps-webofknowledge-com.ez.unisabana.edu.co/full_record.do?product=WOSS&search_mode=GeneralSearch&qid=1&SID=7AGhmmhQQ8k6XZpPZGl&page=1&doc=1
16	Cuasi-experimental	Annalisa Na, Sara R. Piva, y Thomas S.	Influences of knee osteoarthritis and walking difficulty on knee	Influencias de la osteoartritis de rodilla y dificultad para	Estados Unidos	Inglés	2018	Gait; Knee Osteoarthritis; Walking	PubMed	Gait Posture	39 participantes	65-66 años	(Qualisys, Inc., Göteborg, Sweden)	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/294

		Buchanan	kinematics and kinetics	caminar en la cinemática de la rodilla y la cinética				Difficulty; Biomechanics						77961 /
17	Cohortes	A.H. Chang, K.C. Moio, J.S. Chmiel, L. Belisle, K. Hayes, L. Sharma	External knee adduction and flexion moments during gait and medial tibiofemoral disease progression in knee osteoarthritis	Aducción externa de rodilla y momentos de flexión durante la marcha y la progresión medial de la enfermedad tibiofemoral en la osteoartritis de rodilla	Estados Unidos	Inglés	2015	Knee osteoarthritis, Gait, Biomechanics	PubMed	Osteoarthritis and Cartilage	204 participantes	64 años promedio	Eagle Digital Real-Time	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25677110/
18	Cuasi-experimental	A H Chang, J S Chmiel, K C Moio, O Almagor, Y Zhang, S Cahue, L Sharma	Varus thrust and knee frontal plane dynamic motion in persons with knee osteoarthritis	Movimiento dinámico del plano frontal de la rodilla y empuje del varo en personas con osteoartritis de rodilla	Estados Unidos	Inglés	2013	Knee Osteoarthritis, Instability, Varus Thrust, Gait Analysis	PubMed	Osteoarthritis and Cartilage	236 participantes	64,9 años	Eagle Digital Real-Time	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23948980/

19	Cuasi-experimental	Gwenllian Fflur Tawy, Philip Rowe, Leela Biant	Gait variability and motor control in patients with knee osteoarthritis as measured by the uncontrolled manifold technique	Variabilidad de la marcha y control motor en pacientes con osteoartritis de rodilla según lo medido por la técnica múltiple no controlada	Reino Unido	Inglés	2018	Uncontrolled manifold, Gait variability, Knee Osteoarthritis	PubMed	Gait & Posture	50 participantes	70+-9	Vicon, Oxford Metrics Ltd, UK	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28869185/
20	Análisis post-hoc de un ensayo experimental transversal	M.J. Booijs, R. Richards, J. Harlaar, J.C. van den Noort	Effect of walking with a modified gait on activation patterns of the knee spanning muscles in people with medial knee osteoarthritis	Efecto de caminar con una marcha modificada en los patrones de activación de la rodilla que abarcan los músculos en personas con osteoartritis medial de rodilla	Países Bajos	Inglés	2020	Knee osteoarthritis, Medial compartment loading, Gait retraining, Electromyography, Foot progression angle, Co-contraction index	Science Direct	The Knee	40 participantes	50-75 años	Vicon, Oxford Metrics Group	https://www.science-direct.com/elsevier/locate/jabana/2020/09/01/19302339

21	Cuasi-experimental	J.E. Naili, E.W. Broström, B. Clausen, A. Holsgaard-Larsen	Measures of knee and gait function and radiographic severity of knee osteoarthritis – A cross-sectional study	Medidas de la función de rodilla y marcha y la gravedad radiográfica de la osteoartritis de rodilla – Un estudio transversal	Dinamarca	Inglés	2019	Osteoarthritis, Function, Performance, Biomechanics, Patient-reported outcome, Radiography	Science Direct	Gait & Posture	115 participantes OA medial : 63 participantes OA severa : 52 participantes	40-70 años	Vicon Motion System Ltd, Oxford, UK	https://www.science-direct.com.ez.unisabana.edu.co/science/article/pii/S0966636218318575
22	Cuasi-experimental	Mahmoudian, A; van Dieen, JH; Bruijn, SM; Baert, IAC; Faber, GS; Luyten, FP; Verschuren, SMP	Varus thrust in women with early medial knee osteoarthritis and its relation with the external knee adduction moment	Empuje en varo en mujeres con artrosis medial de rodilla precoz y su relación con el momento de aducción externa de la rodilla	Bélgica	Inglés	2016	Gait Analysis, Stability, Alignment, Knee Adduction Moment	Web of Science	Clinical Biomechanics	51 participantes	66-67 años	Krypton, Metrics and Vicon Nexus, Oxford Metrics Group	https://apps-webofknowledge-com.ez.unisabana.edu.co/full_record.do?product=WOSS&search_mode=AdvancedS

														earch&qid=32&SID=6FHpYUa3EfFpwOfOe2u&page=4&doc=34&caheurlFromRightClick=no
23	Correlacional	Takashi Fukaya, Hirotaka Mutsuzaki, Tomoyuki Okubo, Koichi Mori, Yasuyoshi Wadano	Relationships between the center of pressure and the movements of the ankle and knee joints during the stance phase in patients with severe medial knee osteoarthritis	Relaciones entre el centro de presión y los movimientos de las articulaciones del tobillo y la rodilla durante la fase de postura en pacientes con osteoartritis medial grave de rodilla	Japón	Inglés	2016	Ankle, Center of pressure, Correlation, Knee, Moment	Web of Science	The Knee	14 participantes	77 años	Vicon Nexus, Oxford, UK	https://apps-webofknowledge-com.ez.unisabana.edu.co/full_record.do?product=WOSS&search_mode=AdvancedSearch

														&qid=32&SID=6FHpYUa3EfFpwOfOe2u&page=4&doc=39&cacheurlFromRightClick=no
24	Correlacional	Y Sagawa Jr, S Armand, A Lubbeke, P Hoffmeyer, D Fritschy, D Suva, K Turcot	Associations between gait and clinical parameters in patients with severe knee osteoarthritis : A multiple correspondence analysis	Asociaciones entre la marcha y los parámetros clínicos en pacientes con osteoartritis grave de rodilla: Un análisis de correspondencia múltiple	Suiza	Inglés	2013	Knee osteoarthritis, Gait, Knee alignment, Biomechanics, Pain and functional limitation	PubMed	Clinical Biomechanics	90 con OA grave y 26 sanos	66-68 años	Vicon MX3+, Oxford Metrics, UK	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23410553/

25	Cuasi-experimental	Fukaya, T; Mutsuzaki, H; Mori, K	Influence of Pain on Knee Joint Movement and Moment during the Stance Phase in Patients with Severe Bilateral Knee Osteoarthritis : A Pilot Study	Influencia del dolor en el movimiento y el momento de la articulación de la rodilla durante la fase de apoyo en pacientes con osteoartritis de rodilla bilateral grave: un estudio piloto	Japón	Inglés	2019	Osteoarthritis; Knee; Movement; Pain	Web of Science	Medicina	11 participantes	73 años	Oxford Metrics Group, Vicon Nexus, Oxford, UK	https://apps-webofknowledge-com.ez.unisabana.edu.co/full_record.do?product=WOSS&search_mode=AdvancedSearch&qid=32&SID=6FHpYUa3EfFpwOfOe2u&page=1&doc=7&cacheurlFromRightClick=no
----	--------------------	----------------------------------	---	---	-------	--------	------	--------------------------------------	----------------	----------	------------------	---------	---	---

26	Cuasi-experimental	Inga Krauss, Renate List, Pia Janssen, Stefan Grau, Thomas Horstmann, Alex Stacoff	Comparison of distinctive gait variables using two different biomechanical models for knee joint kinematics in subjects with knee osteoarthritis and healthy controls	Comparación de variables de marcha distintivas utilizando dos modelos biomecánicos diferentes para la cinemática de las articulaciones de la rodilla en sujetos con osteoartritis de rodilla y controles saludables	Alemania	Inglés	2012	Instrumented gait analysis, Anatomical coordinate system, Angular decomposition, Knee joint kinematics, Osteoarthritis	PubMed	Clinical Biomechanics	10 personas sanas y 12 participantes con OA	27 años (sanos) y 64 años (con OA)	Software Vicon Workstation / Sistema MX40	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22019299/
27	Cuasi-experimental	Takashi Fukaya, Hirotaka Mutsuzaki, Wataru Nakano, Koichi Mori	Characteristics of frontal plane lower limb movement during walking in patients with knee osteoarthritis of varying severity	Características del movimiento del plano frontal de las extremidades inferiores durante la marcha en pacientes con osteoartritis de rodilla de diversa gravedad	Japón	Inglés	2019	ankle joint, hip joint, joint moment, joint movement, knee osteoarthritis, stance phase	PubMed	Journal of Orthopaedic Surgery	9 participantes	73,38 años - 75,25 años	Vicon Nexus (Vicon, Oxford, UK)	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31117881/

28	Correlacional	Pazit Levinger, Marissa K Caldwell, Julian A Feller, John R Bartlett, Neil R Bergman, Michael J McKenna, David Cameron-Smith, Itamar Levinger	Association between skeletal muscle inflammatory markers and walking pattern in people with knee osteoarthritis	Asociación entre marcadores inflamatorios del músculo esquelético y patrón de caminar en personas con osteoartritis de rodilla	Estados Unidos	Inglés	2011	No posee	PubMed	Arthritis Care & Research	19 participantes	69,89 años	Vicon, Oxford Metrics	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21905256/
29	Cuasi-experimental	Takashi Fukaya, Hirotaka Mutsuzaki, Wataru Nakano, Koichi Mori	Smoothness of the knee joint movement during the stance phase in patients with severe knee osteoarthritis	Suavidad del movimiento de la articulación de la rodilla durante la fase de postura en pacientes con osteoartritis grave de rodilla	Japón	Inglés	2018	Angular jerk, Smoothness, Knee osteoarthritis, Stance phase	Science Direct	Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology	8 participantes	73-75 años	Vicon Nexus (Vicon, Oxford, UK)	https://www.sciencedirect.com.ez.unisabana.edu.co/science/article/pii/S2214687318300177

30	Cuasi-experimental	Rosie Richards, Martin van der Esch, Josien C. van den Noort, Jaap Harlaar	The learning process of gait retraining using real-time feedback in patients with medial knee osteoarthritis	El proceso de aprendizaje del reentrenamiento de la marcha utilizando retroalimentación en tiempo real en pacientes con osteoartritis medial de rodilla	Países Bajos	Inglés	2018	Knee osteoarthritis, Gait modifications, Real-time feedback, Motor learning, Dual-task	Science Direct	Gait & Posture	16 participantes	61 años	Vicon Motion Capture System	https://www.sciencedirect.com/elsevier/article/pii/S096663621830105X
31	Correlacional	Michael A. Hunt, Rana S. Hinman, Ben R. Metcalf, Boon-Whatt Lim, Tim V. Wrigley, Kelly-Ann Bowles, Georgina Kemp, Kim L. Bennell	Quadriceps strength is not related to gait impact loading in knee osteoarthritis	La fuerza del cuádriceps no está relacionada con la carga de impacto de la marcha en la osteoartritis de rodilla	Canadá	Inglés	2010	Knee osteoarthritis, Gait, Joint loading, Muscle strength	Science Direct	The Knee	204 participantes	64 años	Vicon, Oxford, UK	https://www.sciencedirect.com/elsevier/article/pii/S0966801601000044X

32	Cuasi-experimental	Lynsey D. Duffell, Stevan J. Jordan, Justin P. Cobb, Alison H. McGregor	Gait adaptations with aging in healthy participants and people with kneejoint osteoarthritis	Adaptaciones de la marcha con envejecimiento en participantes sanos y personas con osteoartritis articular de rodilla	Reino Unido	Inglés	2017	Aging, Gait, Knee, Osteoarthritis	Scopus	Gait & Posture	109 participantes	25-43-66-49-67 años	Vicon Motion System Ltd, Oxford, UK	https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85021390162&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nls=&sid=b9019eb383d7f001dfb4a2496bcc0fc5&sot=a&sdt=
----	--------------------	---	--	---	-------------	--------	------	-----------------------------------	--------	----------------	-------------------	---------------------	-------------------------------------	---

[illegible]

														Term ≡
33	Cuasi-experimental	Nishino, K., Omori, G., Koga, Y., Kobayashi, K., Sakamoto, M., Tanabe, Y., Tanaka, M., Arakawa, M.	Three-dimensional dynamic analysis of knee joint during gait in medial knee osteoarthritis using loading axis of knee	Análisis dinámico tridimensional de la articulación de la rodilla durante la marcha en la osteoartritis medial de la rodilla utilizando el eje de carga de la rodilla	Japón	Inglés	2015	Gait, Kinematics, Kinetics, Knee osteoarthritis, Loading axis of knee	Scopus	Gait & Posture	41 participantes	31-65-73 años	Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK	https://www.scopus.com/ez.unisabana.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84937811316&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&nlo=&nlr=&nls=&sid=b9019eb383d7f001dfb4a2496bcc0fc5&

[illegible]

														search Term ≡
34	Correlacional	Mark W. Creaby, Michael A. Hunt, Rana S. Hinman, Kim L. Bennell	Sagittal plane joint loading is related to knee flexion in osteoarthritic gait	La carga de la articulación del plano sagital está relacionada con la flexión de la rodilla en la marcha osteoartrítica	Australia	Inglés	2013	Osteoarthritis, Walking, Biomechanics, Knee, Torque	Science Direct	Clinical Biomechanics	89 participantes	>50 años	Vicon, Oxford, UK	https://www.sciencedirect.com.ez.unisabana.edu.co/science/article/pii/S0268003313001824
35	Cuasi-experimental	Marius Henriksen, Thomas Graven-Nielsen, Jens Aaboe, Thomas P Andriacchi, Henning Bliddal	Gait changes in Patients with knee osteoarthritis are replicated by experimental knee pain	Los cambios en la marcha en pacientes con osteoartritis de rodilla se replican por dolor experimental de rodilla	Dinamarca	Inglés	2010	No posee	Google Scholar	Arthritis Care & Research	195 participantes	25-62-63 años	Vicon MX, Oxford, UK	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20391505/#:~:text=Results%3A%20Experimental%20knee%

														20pain%20ed,walking%20at%20the%20same%20speed.
36	Cuasi-experimental	Seung-uk Ko, Shari M Ling, Catherine Schreiber, Mark Nesbitt, B.S y Luigi Ferrucci	Gait Patterns during Different Walking Conditions in Older Adults with and without Knee Osteoarthritis - Results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging	Patrones de marcha durante diferentes condiciones de caminar en adultos mayores con y sin osteoartritis de rodilla - Resultados del estudio longitudinal de Baltimore sobre el envejecimiento	Estados Unidos	Inglés	2011	Gait; Knee osteoarthritis; Challenging walking; Mechanical work expenditure	Google Scholar	Gait Posture	153 participantes	67-70 años	Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3042510/
37	Correlacional	Josefine E Naili, Anna-Clara Esbjornson, Maura D	The impact of symptomatic knee osteoarthritis on overall gait pattern	El impacto de la osteoartritis sintomática de rodilla en las desviaciones	Suecia	Inglés	2017	Biomechanics; Function; Gait; Osteoarthritis; Outcome	Science Direct	The Knee	65 participantes	65 años	Vicon Motion Systems Ltd., Oxford, UK	https://www.sciencedirect.com

		Iversen, Michael H Schwartz, Margaret a Hedstrom, Charlotte Kéger, Eva W Brostrom	deviations and its association with performance-based measures and patient-reported outcomes	generales del patrón de marcha y su asociación con medidas basadas en el rendimiento y resultados reportados por el paciente				e measures.						z.unis-abana.edu.co/science/article/pii/S0968016017300418
38	Cuasi-experimental	MonilKariaMilad Masjedi Lynsey Duffell Margarita Kotti Alison McGregor	Comparison of gait biomechanics in patients with and without kneeosteoarthritis during different phases of gait	Comparación de la biomecánica de la marcha en pacientes con y sin osteoartritis de rodilla durante diferentes fases de la marcha	Reino Unido	Inglés	2018	Gait, Knee, Osteoarthritis	Science Direct	Journal of Orthopaedics, Trauma and Rehabilitation	108 participantes	45-57 años	(Vicon Motion Systems Ltd, Oxford, UK	https://www.scienceirect.com.ez.unis-abana.edu.co/science/article/pii/S2210491717300015
39	Correlacional	Park Sang-KyoonUnDylanKobsarBR	Relationship between lower limb muscle strength, self-reported	Relación entre la fuerza muscular de las extremidades	Canadá	Inglés	2016	Knee Osteoarthritis, Muscle Strength,	Science Direct	Clinical Biomechanics	48 participantes	52-54 años	Vicon Motion System, Oxford, UK	https://www.scienceirect.com.ez.unis-abana.edu.co/science/article/pii/S2210491717300015

		eedFerber	pain and function, and frontal plane gait kinematics in knee osteoarthritis	s inferiores, el dolor y la función autoinformados, y la cinemática frontal de la marcha plana en la osteoartritis de rodilla				Kinematics, Gait, Function						com.ez.unisabana.edu.co/science/article/pii/S0268003316301243
40	Correlacional	R E Richards, M S Andersen, J Harlaar, J C van den Noort	Relationship between knee joint contact forces and external knee joint moments in patients with medial knee osteoarthritis : effects of gait modifications	Relación entre las fuerzas de contacto de la articulación de la rodilla y los momentos externos de la articulación de la rodilla en pacientes con osteoartritis medial de rodilla: efectos de las modificaciones de la marcha	Países Bajos	Inglés	2018	Knee osteoarthritis, Knee contact force, Knee adduction moment, Gait modifications, Musculoskeletal modeling	PubMed	Osteoarthritis and Cartilage	35 participantes	62,3 años	Vicon, Oxford Metrics Group, Oxford, Reino Unido	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29715509/

41	Cuasi-experimental	Pete B. Shull, Rebecca Shultz, Amy Silder, Jason L. Dragoo, Thor F. Besier, Mark R. Cutkosky, Scott L. Delp	Toe-in gait reduces the first peak knee adduction moment in patients with medial compartment knee osteoarthritis	La marcha con los dedos hacia adentro reduce el primer momento pico de aducción de la rodilla en pacientes con osteoartritis de rodilla del compartimento medial	Estados Unidos	Inglés	2013	Gait retraining, Gait modification, Haptic, Real-time feedback, Motion analysis	Google Scholar	Journal of Biomechanics	20 participantes	59 años	Vicon, Oxford Metrics Group, Oxford, Reino Unido	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23146322/#:~:text=Subjects%20altered%20the%20foot%20progression,moment%20(p%3D0.85%20)_.
42	Cuasi-experimental	Jocelyn F. Hafer, Seraphina G. Provenzano, Kathy L. Kern, Cristine E. Agresta, John A. Grant, Ronald	Measuring markers of aging and knee osteoarthritis gait using inertial measurement units	Medición de marcadores de marcha del envejecimiento y osteoartritis de rodilla mediante unidades de medición inerciales	Estados Unidos	Inglés	2020	Sensors, Motion capture, Spatiotemporal variables, Range of motion	Science Direct	Journal of Biomechanics	30 participantes	21-35 / 65-80 años	Vicon Motion System	https://www.sciencedirect.com/elsevier/abstract/abstract/S0021-9290(20)30000-0

		F.Zernicke												/S0021929019308309
43	Cuasi-experimental	Dafina Bytyqi, Bujar Shabani, Sebastien Lustig, Laurence Cheze, Natyra Karahoda Gjurgjeala, Philippe Neyret	Gait knee kinematic alterations in medial osteoarthritis : three dimensional assessment	Alteraciones cinemáticas de la rodilla en la marcha en la osteoartritis medial: evaluación tridimensional	Francia	Inglés	2014	No posee	PubMed	International Orthopaedics	30 participantes	65,73 años (con OA) y 61,67 años (grupo de control)	Knee KG System	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24619388/
44	Cuasi-experimental	Neila Mezghani, Imene Mechmeche, Amar Mitiche, Youssef Ouakrim, and Jacques A. de Guise	An analysis of 3D knee kinematic data complexity in knee osteoarthritis and asymptomatic controls	Análisis de la oscilación de la marcha durante la marcha y el subir escaleras en pacientes mayores con osteoartritis de rodilla	Suiza	Inglés	2019	No posee	Google Scholar	Plos One	80 participantes	48-62 años	Knee KG System	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6166935/
45	Cuasi-exper	J. Clément, N.	Influence of biomechanical multi-joint	Influencia de los modelos	Francia	Inglés	2014	motion capture; soft	Scopus	Computer Methods	10 participantes	54-58 años	Knee KG System	https://www

imental	Hagemeister, R. Dumas, M. Kanhono and J.A. de Guise	models used in global optimisation to estimate healthy and osteoarthritis knee kinematics	biomecánicos multi-joint utilizados en la optimización global para estimar la cinemática de rodilla sana y osteoartritis				tissue artefacts; knee kinematics; optimisation; squattin g activity		ds in Biomechanics and Biomedical Engineering			scopus.com.z.unisabana.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84905240278&origin=resultslist&sorrt=plf&src=s&nlo=&nrs=&sibd=b9019eb383d7f001dfb4a2496bcc0fc5&sot=a&sdt=cl&cluster=scolan
---------	---	---	--	--	--	--	--	--	---	--	--	---

[illegible]

46	Cuasi-experimental	Ryan F. Pinto, Trevor B. Birmingham, Kristyn M. Leitch, Hayden F. Atkinson, Ian C. Jones, J. Robert Giffin	Reliability and validity of knee angles and moments in patients with osteoarthritis using a treadmill-based gait analysis system	Fiabilidad y validez de los ángulos y momentos de la rodilla en pacientes con osteoartritis utilizando un sistema de análisis de la marcha basado en cinta rodante	Canadá	Inglés	2020	Knee osteoarthritis, Gait analysis, Kinematics, Kinetics, Test-retest reliability, Validity	Science Direct	Gait & Posture	34 pacientes y 16 controles	30-65 años	Motion Capture System (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, CA, USA)	https://www.sciencedirect.com/elsevier/locate/jbiomech/jbiom203016636220301557
47	Cuasi-experimental	Jun Sun, Yancheng Liu, Songhua Yan, Guanglei Cao, Shasha Wang, D Kevin Lester, Kuan Zhang	Clinical gait evaluation of patients with knee osteoarthritis	Evaluación clínica de la marcha de pacientes con osteoartritis de rodilla	China	Inglés	2017	Knee osteoarthritis, Gait, Portable Gait Analyzer, IDEEA, GoPro Hero	PubMed	Gait & Posture	35 participantes	28,4 años (sanos) y 69,9 años (con OA)	Motion Analysis System (Motion Analysis, Inc, USA)	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28863297/

48	Correlacional	B Vanwanselle, F Eckstein, R M Smith, A K Lange, N Foroughi, M K Baker, R Shnier, M A Fiatarone Singh	The relationship between knee adduction moment and cartilage and meniscus morphology in women with osteoarthritis	La relación entre el momento de la aducción de rodilla y el cartílago y la morfología del menisco en mujeres con osteoartritis	Australia	Inglés	2010	Meniscus, Cartilage, Adduction moment, Gait, Osteoarthritis	PubMed	Osteoarthritis and Cartilage	45 participantes	65, 64.4 y 68.7 años	Motion Measurement System (Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, USA)	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20417296/
49	Cohortes	Kobsar, D; Osis, ST; Phinyomark, A; Boyd, JE; Ferber, R	Reliability of gait analysis using wearable sensors in patients with knee osteoarthritis	Fiabilidad del análisis de la marcha mediante sensores portátiles en pacientes con osteoartritis de rodilla	Canadá	Inglés	2016	Accelerometer, Wearable Sensors, Reliability, Gait, Biomechanics	Web of Science	Journal of Biomechanics	10 participantes	>40 años	iNEMO inertial module, STmicroelectronics, Geneva, Switzerland	https://apps-webofknowledge.com.ez.unisabana.edu.co/CitedFullRecord.do?product=WO&colName=WO&SID=6FHpY

														Ua3EfFpwOfOe2u&search_mode=CitedFullRecord&isic_kref=WOS:000390971300031&cacheurlFromRightClick=no
50	Correlacional	Zeng, XL; Ma, LM; Lin, ZF; Huang, WH; Huang, ZQ; Zhang, Y; Mao, CB	Relationship between Kellgren Lawrence score and 3D kinematic gait analysis of patients with medial knee osteoarthritis using a new gait system	Relación entre la puntuación de Kellgren-Lawrence y el análisis cinemático de la marcha 3D de pacientes con osteoartritis medial de rodilla utilizando un nuevo	China	Inglés	2017	No posee	Web of Science	Science Reports	136 participantes	>35 años	Opti Knee, Innomotion Inc., Shanghai, China	https://apps-webof-knowledge-com.ez.unis-abana.edu.co/full_record.do?product=WOS&search_m

				sistema de marcha										ode=AdvancedSearch&qid=32&SID=6FHpYUa3EfFpwOfOe2u&page=3&doc=28&caheurlFromRightClick=no
51	Cuasi-experimental	Heather S. Linley, Elizabeth A. Sled, Elsie G. Culham, Kevin J. Deluzio	A biomechanical analysis of trunk and pelvis motion during gait in subjects with knee osteoarthritis compared to control subjects	Un análisis biomecánico del movimiento del tronco y la pelvis durante la marcha en sujetos con osteoartritis de rodilla en comparación con sujetos de control	Canadá	Inglés	2010	Gait, Trunk lean, Principal component analysis, Osteoarthritis, Knee	PubMed	Clinical Biomechanics	80 participantes	63-64 años	Optotrak 3020, Northern Digital Inc, Waterloo ON, Canada	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20822836/

52	Correlacional	Bungo Ebihara, Takashi Fukaya, Hiroataka Mutsuzaki	Relationship between Quadriceps Tendon Young's Modulus and Maximum Knee Flexion Angle in the Swing Phase of Gait in Patients with Severe Knee Osteoarthritis	Relación entre el Módulo joven del tendón del cuádriceps y el ángulo máximo de flexión de rodilla en la fase de oscilación de la marcha en pacientes con osteoartritis de rodilla grave	Japón	Inglés	2020	quádriceps tendon; Young's modulus; elastography; maximum knee flexion angle; gait; knee osteoarthritis	PubMed	Medicina	30 participantes	75 años	MA-3000 (Anima, Tokyo, Japan)	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32872292/
53	Correlacional	Soon-Hyuck Lee, Jin-Hyuck Lee, Sung-Eun Ahn, Park Min-Ji, Dae-Hee Lee	Correlation between Quadriceps Endurance and Adduction Moment in Medial Knee Osteoarthritis	Correlación entre la resistencia del Cuádriceps y el Momento de aducción en Osteoartritis Medial de Rodilla	Korea	Inglés	2015	No posee	PubMed	Plos One	35 participantes	57,8 años	Hawk Digital Camera System	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26539830/

54	Cuasi-experimental	Son, H., Kim, K.	A kinematic analysis of patients with knee osteoarthritis during gait on level ground, ramps and stairs	Un análisis cinemático de pacientes con osteoartritis de rodilla durante la marcha en terreno llano, rampas y escaleras.	Corea del Sur	Inglés	2013	Biomechanics, Osteoarthritis, Ramp	Scopus	Journal of Physical Therapy Science	14 participantes	70 años	Hawk Digital System	https://www-scopus-com.ez.unisabana.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-84877711795&origin=reflist&sort=plf&src=s&sid=c7d127d33810c64e92c7043e55474f20&sot=a&sdt=cl&cluster=scosrc
----	--------------------	------------------	---	--	---------------	--------	------	------------------------------------	--------	-------------------------------------	------------------	---------	---------------------	---

[illegible]

														%2ct %2bs copub yr%2c %222 020% 22%2 ct%2c %222 019% 22%2 ct%2c %222 018% 22%2 ct%2c %222 017% 22%2 ct%2c %222 016% 22%2 ct%2c %222 015% 22%2 ct%2c %222 014% 22%2 ct%2c %222 013% 22%2 ct%2c
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

														%222 012% 22%2 ct%2c %222 011% 22%2 ct%2c %222 010% 22%2 ct%2b scolan g%2c %22E nglish %22 %2ct %2c% 22Por tugues e%22 %2ct %2bs coexa ctkey words %2c% 22Phy siolog y%22 %2cf %2c% 22Pri ority+ Journ
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														al%22 %2cf %2c% 22Sho e%22 %2cf %2c% 22Sho es%2 2%2cf %2c% 22Chi ld%22 %2cf &sess ionSe archId =c7d1 27d33 810c6 4e92c 7043e 55474 f20&r ecord Rank =
55	Cuasi- experimental	Shigeru Tadano, Ryo Takeda, Keita Sasaki, Tadashi Fujisawa, Harukaz	Gait characterization for osteoarthritis patients using wearable gait sensors (H-	Caracterización de la marcha para pacientes con osteoartritis utilizando sensores de marcha	Japón	Inglés	2016	Osteoarthritis, Three dimensional gait analysis , Acceler	Science Direct	Journal of Biomechanics	10 participantes	22 años (sanos) y 68.7 años (con OA)	H-Gait System	https:// www = scienc edirec t- com.e z.unis abana.

		u Tohyama	Gait systems)	portátiles (sistemas H- Gait)				ation sensor, Gyro sensor, Kinema tic gait paramet ers, Spatio- tempora l gait paramet ers						edu.co/science/article/pii/S0021929016300215
56	Corre lacio nal	Cho, Y., Ko, Y., Lee, W.	Relationships among foot position, lower limb alignment, and knee adduction moment in patients with degenerative knee osteoarthritis	Relaciones entre la posición del pie, la alineación de las extremidade s inferiores y el momento de la aducción de rodilla en pacientes con osteoartritis degenerativa de rodilla	Kor ea	Inglés	2015	Foot rotation angl, Knee adducti on moment , Knee osteoart hritis	Scopus	Journa l of Physic al Thera py Scienc e	48 partici pantes	70 años	Orthostat 6.29; MotionAna lysis, Inc., Santa Rosa, CA, USA	https:// www- scopu s- com.e z.unis abana. edu.co /recor d/disp lay.uri ?origi n=rec ordpa ge&ei d=2- s2.0- 84920 93323 9&cit eCnt= 12&n

[illegible]

														%2bs cosubj abbr% 2c%2 2ME DI%2 2%2ct %2c% 22EN GI%2 2%2ct %2c% 22HE AL% 22%2 ct%2c %22C OMP %22 %2ct %2bs copub yr%2c %222 020% 22%2 ct%2c %222 019% 22%2 ct%2c %222 018% 22%2 ct%2c %222
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														017% 22%2 ct%2c %222 016% 22%2 ct%2c %222 015% 22%2 ct%2c %222 014% 22%2 ct%2c %222 013% 22%2 ct%2c %222 012% 22%2 ct%2c %222 011% 22%2 ct%2c %222 010% 22%2 ct%2b scolan g%2c %22E nglish %22
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														%2ct%2c%22Portuguese%2ct%2bscoexactkey words%2c%22Physiology%2cf%2c%22Priority+Journal%2cf%2c%22Shoe%2cf%2c%22Shoes%22%2cf%2c%22Child%2cf&sessionSearchId
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														=c7d1 27d33 810c6 4e92c 7043e 55474 f20&r elpos =87
57	Cuasi- experimental	Moyer, R.F., Birmingham, T.B., Chesworth, B.M., Kean, C.O., Giffin, J.R.	Alignment, body mass and their interaction on dynamic knee joint load in patients with knee osteoarthritis	Alineación, masa corporal y su interacción en la carga dinámica de la articulación de la rodilla en pacientes con osteoartritis de rodilla	Canadá	Inglés	2010	Alignment, Body mass, Gait, Knee adduction moment, Knee osteoarthritis	Scopus	Osteoarthritis and Cartilage	487 participantes	46 años	Eagle EvaRT; MAC, Santa Rosa, CA	https://www-scopus-com.ez.unisabana.edu.co/record/display.uri?eid=2-s2.0-77954216393&origin=reflist&sort=plf&src=s&sid=c7d127d3

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

														Rank =
58	Cuasi- experimental	Takatomo Mine, Masaya Kajino, Jun Sato, Seiichi Itou, Koichiro Ihara, Hiroyuki Kawamura, Ryutaro Kuriyama, and Yasuhiro Tominaga	Gait oscillation analysis during gait and stair-stepping in elder patients with knee osteoarthritis	Análisis de la oscilación de la marcha durante la marcha y el subir escaleras en pacientes mayores con osteoartritis de rodilla	Japón	Inglés	2019	Gait oscillation, Gait, Stair-stepping, Osteoarthritis of the knee	Google Scholar	Journal of Orthopaedic Surgery and Research	66 participantes	75 años	MVP-WS2-S	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6335812/
59	Cuasi- experimental	Tomoharu Mochizuki, corresponding author ¹ Yoshio Koga, ² Osamu Tanifuji, ¹ Takashi Sato, ³ Satoshi Watanabe, ³	Effect on inclined medial proximal tibial articulation for varus alignment in advanced knee osteoarthritis	Efecto sobre la articulación tibial proximal medial inclinada para la alineación de varos en la osteoartritis de rodilla avanzada	Japón	Inglés	2019	Knee osteoarthritis, Weight-bearing conditions, Inclination in the medial compartment of the proximal tibia,	Google Scholar	Journal of Experimental Orthopaedics	81 participantes	75 años	BM (Knee CAS, LEXI, Inc., Tokio, Japón)	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6439040/

		Hiroshi Koga,1 Koichi Kobayashi,4 Go Omori,5 y Naoto Endo1						Varus alignment, Tibial parallel phenomenon						
60	Cuasi-experimental	Sadiq J. Abass, Jaffar N. Jaffar, Muthanna M. Ghazi	The Effect of Body Mass Index BMI on Human Gait Analysis	El efecto del índice de masa corporal IMC en el análisis de la marcha humana	Iraq	Inglés	2017	Body mass index, Gait analysis, Kinematic, Kinetic, Obesity.	Google Scholar	The International Journal of Engineering and Science	20 participantes	24-26 años	Motion Analysis System	https://www.researchgate.net/publication/326989721_The_Effects_of_Body_Mass_Index_BMI_on_Human_Gait_Analysis#:~:text=Compared%20to%20normal%20wei

[illegible]

1.2 Matriz comparativa entre sistemas de captura de análisis de movimiento tridimensional.

Autor es	Sistema de Captura	Variables Cinemáticas de Medición más Relevantes												
		Velocida d de la marcha	Longit ud de Zancad a	Longit ud de Paso	Emp uje de Varo	Flexión de rodilla	Extensi ón de rodilla	Aducci ón de rodilla	Rotación interna de rodilla	Rotación externa de rodilla	Aducci ón de cadera	Progre sión del pie	Rodil la en varo	Velocid ad Angula r
Asay, Erhart , & Andri acchi (2018)	Qualysis Medical	X												
Kudo, et al (2020)	Qualysis Medical	X				X		X						
Spark es,et al. (2019)	Qualysis Medical	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	
Bedra n, Alves , & Noce (2013)	Qualysis Medical	X										X		
Jones, Stanis h, & Ruthe rford	Qualysis Medical	X				X								

[illegible]

Fflur, Rowe , & Biant (2018)	Vicon Motion System													
Naili, Brostr ôm , Claus en, & Holsg aard (2019)	Vicon Motion System	X												
Mah moudi an, y otros (2016)	Vicon Motion System	X			X									
Fukay a, Mutsu zaki, Okub o, Mori, & Wand ano (2016)	Vicon Motion System				X	X		X						
Saga wa, y otros	Vicon Motion System					X								

(2013)														
Fukaya, Mutsuzaki, & Mori (2019)	Vicon Motion System					X	X	X	X	X				
Krauss, y otros (2012)	Vicon Motion System					X				X				
Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, & Mori (2019)	Vicon Motion System										X		X	
Levinger, y otros (2011)	Vicon Motion System	X												
Fukaya, Mutsuzaki, Nakano, &	Vicon Motion System					X	X	X						

[illegible]

(2011)														
Naili, y otros (2017)	Vicon Motion System	X							X	X				
Park, Kobsa r, & Ferbe r (2016)	Vicon Motion System							X			X			
Richa rds, Ander sen, Harla ar, & Van den Noort (2018)	Vicon Motion System					X								
Hafer, y otros (2020)	Vicon Motion System	X	X			X	X	X	X	X				
Pinto, y otros (2020)	Motion Capture System	X				X	X						X	

[illegible]

[illegible]